SCHAUM'S ouTlines

全美经典学习指导系列

微生物学

〔美〕I. E. 阿喀莫 著

林稚兰 宋怡玲 洪龙 林慰慈 译

- 有效地提高学习成绩!
- 涵盖所有要点——与任何一本教科书相配
- 几千个自测题
- 百余幅图解
- 易于自学!

科学出版社

麦格劳-希尔教育出版集团

(Q-1081.0101)
责任编辑：莫结胜　王玉水

SCHAUM'S ouTlines

全球销量超越3000万的

“全美经典学习指导系列”是您的最佳学习伴侣！

40年来最畅销的教辅系列
全美著名高校资深教授倾力之作
国内重点高校任课教师全力推荐并担当翻译
省时高效的学习辅导，全面详细的习题解答
迄今为止国内最全面的教辅系列
覆盖大学理工科专业

全美经典学习指导系列

概率和统计	2000工程力学习题精解	电气工程基础
统计学	工程力学	工程电磁场基础
离散数学	3000物理习题精解	数字信号处理
Mathematica使用指南	流体动力学	数字系统导论
数理金融引论	物理学基础	数字原理
机械振动	材料力学	电机与机电学
微分方程	2000离散数学习题精解	基本电路分析
统计学原理（上）	工程热力学	信号与系统
统计学原理（下）	数值分析	微生物学
微积分	量子力学	生物化学
静力学与材料力学	有机化学习题精解	生物学
有限元分析	3000化学习题精解	分子和细胞生物学
传热学	大学化学习题精解	人体解剖与生理学
近代物理学	电路	

ISBN 7-03-009622-3
9 787030 096227 >
Mc Graw Hill
ISBN 7-03-009622-3/Q · 1081
定 价：33.00 元

全美经典学习指导系列

微生物学

〔美〕I. E. 阿喀莫 著

林稚兰 宋怡玲 洪 龙 林慰慈 译

科学出版社

麦格劳-希尔教育出版集团

2002

内 容 简 介

本书包括微生物学的全部基本知识，以简明易懂的文字介绍微生物学，以符合逻辑的顺序提出问题，然后逐一地解答。通过一问一答式的方法使人循序渐进地学习。各章单独设立，保证了本书使用的灵活性。书中还配了 100 多幅插图以及许多电子显微镜照片，便于学习和理解。同时，各章配有复习题，答案附于书后，以供参考。

本书适于生命科学、医学、环境和土壤科学、食品与营养、生物技术、健康管理和农业相关学科的本科生、研究生及科研人员参考使用，同时也有助于对微生物学感兴趣但是缺少专业基础知识的人了解这一学科。

Alcamo, I. Edward: Schaum's Outline of Theory and Problems of Microbiology
ISBN: 0-07-000967-8
Copyright © 1998 by the McGraw-Hill Companies, Inc.
Authorized translation from the English language edition published by McGraw-Hill Companies, Inc
All rights reserved.
本书中文简体字版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育出版集团合作出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。
版权所有，翻印必究。
本书封面贴有 McGraw Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。
图字 01-2001-1757

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/〔美〕阿喀莫(Alcamo, I. E.)著；林稚兰等译．—北京：科学出版社，2002.1
(全美经典学习指导系列)
ISBN 7-03-009622-3

Ⅰ.微… Ⅱ.①阿…②林… Ⅲ.微生物学—基本知识 Ⅳ.Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047909 号

科学出版社 出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码 100717
http://www.sciencep.com
新蕾印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2002 年 1 月第 一 版 开本：A4(890×1240)
2002 年 1 月第一次印刷 印张：19 1/4
印数：1—4 000 字数：552 000

定价：33.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换(环伟))

前　言

学习微生物学可能是一件令人兴奋的事。你将碰到对传染病的新见解，对生命体系的新探讨以及技术的新应用。微生物学已成为我们这个时代重要的学科之一。

但是微生物学也可能是一门令人畏惧的科学。新的术语很丰富，新的过程似乎很复杂，一部完整的新的信息百科全书等待人们去学习。对某些人来说，“微生物学”之深奥等同于“牙根管”。甚至微生物学这一术语也是庄严的。

在《微生物学》中，我们试图通过用一种原理和问题的形式，即一种一问一答式的方法来减轻学习的压力。我们以简洁的文字介绍微生物学，以代替一段接一段冗长不堪的资料，从而使读者能一点一点地学习。我们以符合逻辑的顺序提出原理和问题，然后逐一地回答这些问题，就像你正在同你的教授进行一次友好的谈话。

这种学习方式的妙处是你可以在任何时候停下来休息一会。每条原理-问题-答案都是一个简单明了的独立单元。你无须一页一页地读以得到概念。只要按自己的进度依次地理解这些问题，你就能很快掌握该段主题了。现在你快要变成教授并与你自己进行谈话。

然后是该准备考试的时候了。你阅读问题，根据你对这方面知识的记忆用一篇详尽的短文回答该问题（教育心理学家认为短文回答比简单的词汇或短语优越得多）。由于你的短文充满着知识信息，你可以期望在简短回答时，做得很不错。作为一个额外的收获，你也学到了思维和推理，所以你能明智地猜测。当你面临当今教育大纲中突出的、紧要的思考问题时，这将有助于你的思考过程。这本书教你如何理性地学习和发展至关重要的思考技能。

《微生物学》也鼓励互相学习，你可与同事们和朋友们一起学。一个人提出问题，然后这组人用答案作为指南反复地补充是一个好主意。而当你复习以准备考试时，你需要做的就是复习这些问题。你有了一个不错的学习搭档。

我们尽量在本书中包括微生物学的全部基本知识。《微生物学》符合生物学和与健康有关的课程所用教科书的标准，甚至标题的顺序也仿效最畅销的微生物学课本。因为各章单独设立，我们保证了本书的灵活性，也就是说，我们并未预期你按顺序使用它们。

本书中的材料能很容易地阅读并立即弄懂。我们假设读者没有微生物学方面的知识，并假设仅有有限的生物学和化学知识。基本词汇已包括进去，使你使用微生物学术语时是自信的，但是行话已被删去。为帮助你跟踪基本过程和见识一下微生物，本书配了 100 多幅插图以及许多电子显微镜照片。为了能衡量你的进展，每章配了 60 个各种类型的复习题（总共 1500 个）。所有答案均附在书后，以供你参考。而且，请对本书的每一部分写你的笔记，这意味着这本书是一位受欢迎的朋友了。

各专业的学生都将发现本书的价值。例如，微生物学是护理学、牙齿卫生学、药剂学和医学技术这些领域中核心课程的一部分。它是医学预科和牙科预科教学大纲的组成部分，并且被包括在生物学专业主修课的标准序列和那些研究环境和土壤的科学、食品与营养、生物技术、健康管理和农业等的学科中。微生物学甚至已影响到中学课程。研究生们也将发现这本书是有用的复习工具。

但，或许你正在自学。你可能正在准备一个部门考试，或正在参加一个自我指导的学习计划。或许你正为高校入学考试或专业资格考试或其他独立的学习计划如药学院考试而学习。如果正好是上述任何一种情况，你将不断地从这本书得到好处。问-答方式完全适合你的需要，因为它是一个独立的学习方法。

有几件其他的事请要留意：我们保持各章大致同样长度，以便你能计划相应的学习时间。关键词以黑体表示，以引起你对它们的注意。插图和照片均匀地留出间隔，以便你阅读时参

考。而且每一问一答大致同样长，以确保一致和匀称。

在本文结束前，我愿意感谢对本书编写出力的几位人士。我的编辑是麦格劳-希尔公司的 Jeanne Flagg、Arthur Biderman 和 Maureen Walker。每位都带来了专家对本书有重大价值的修改意见。另一位关键人物是 Barbara Dunleavy。Barbara 整理原稿，并负责将原稿处理成照相制版的形式。Barbara 与我已共事多年，我一直对她的杰出才能和奉献精神感到惊奇。

我也想感谢我的生命之光，我的孩子们 Michael Christopher、Elizabeth Ann 和 Patricia Joy。这些年来，我们发展了原本就持久深厚的爱和友谊，他们每个人都在社会上谋求到一个重要的职位，一个超出我对他们最初的希望和期望的职位。没有哪位父亲不为他的子女而感到自豪的。

最后，我要将真挚的爱与感谢致以 Charlene Alice，你给我的世界带来欢乐，你在我心中谱写了一首歌，你鼓起我的勇气。

现在轮到你了，我真诚地希望你学好微生物学，当你在课程中得到 A 时，我将非常高兴。我希望听到你的消息。请给我写信，并让我知道这本书对你起到多好的作用，以及我们能如何改进它。信寄至：Biology Department; State University of New York; Farmingdale, NY 11735。假如你愿意打电话，我的号码是 516-420-2423。假如你同意用 E-mail，可试发给我，电子邮件地址是 alcamoie@farmingdale. edu。

末了，我很欢迎你来此原始的和奇妙的微生物世界。这是一个令人不断感到惊奇与兴奋的迷人的世界。

I. E. 阿喀莫

（林慰慈　林雅兰 译）

目　录

第 1 章　微生物学绪论 …… (1)
微生物学的发展；微生物的特点
第 2 章　微生物学的化学基础 …… (12)
化学原理；微生物的有机化合物
第 3 章　微生物大小和显微技术 …… (23)
大小关系；显微镜
第 4 章　原核生物与真核生物 …… (34)
原核生物；真核生物
第 5 章　微生物的生长和培养 …… (46)
细胞复制和群体生长；生长的环境条件；实验室培养方法
第 6 章　微生物的代谢 …… (58)
酶；能量和 ATP；糖酵解和发酵；三羧酸循环；电子传递和化学渗透；
分解代谢的其他方面；光合作用
第 7 章　DNA 和基因表达 …… (74)
DNA 的结构和生理学；蛋白质合成；基因调控
第 8 章　微生物的遗传 …… (86)
突变；重组；基因工程
第 9 章　微生物的控制 …… (98)
物理因素；化学因素；抗生素
第 10 章　细菌的主要类群 …… (112)
螺旋体；革兰氏阴性菌；革兰氏阳性菌；抗酸细菌和其他细菌
第 11 章　真菌 …… (124)
真菌的特征；真菌的生理学和繁殖；真菌的分类
第 12 章　原生动物 …… (134)
原生动物的特征；原生动物的生理学和繁殖；原生动物的分类
第 13 章　单细胞藻类 …… (143)
单细胞藻类的特征；单细胞藻类的分类
第 14 章　病毒 …… (148)
病毒的结构；病毒的复制；病毒的病理学
第 15 章　寄主-寄生物间关系 …… (161)
正常菌群；致病性(致病力)；疾病的类型
第 16 章　宿主抗性和免疫系统 …… (172)
吞噬作用；免疫的类型；免疫系统；抗体介导免疫；细胞介导免疫
第 17 章　免疫学检验和免疫失调 …… (186)
血清学试验；免疫失调
第 18 章　皮肤和眼部的微生物疾病 …… (199)
细菌性疾病；病毒性疾病；其他皮肤病；眼睛和伤口疾病
第 19 章　神经系统的微生物疾病 …… (213)
细菌性疾病；病毒性疾病；真菌和原生动物疾病

第 20 章　呼吸系统的微生物疾病 …… (223)
细菌性疾病;病毒性疾病;真菌和原生动物疾病
第 21 章　消化系统的微生物疾病 …… (235)
细菌性疾病;病毒性疾病;其他微生物引起的疾病
第 22 章　血液和内脏的微生物疾病 …… (247)
细菌性疾病;立克次氏体病;病毒性疾病;其他疾病
第 23 章　泌尿生殖系统微生物的疾病 …… (261)
泌尿道疾病;生殖道疾病
第 24 章　食品与工业微生物学 …… (270)
微生物和食品;食品污染和保存;实验室的检验;微生物与工业
第 25 章　环境微生物学 …… (281)
微生物生态学;生物地化循环;废水微生物学
习题解答 …… (291)

第1章 微生物学绪论

内　容

于本书的开始章节介绍微生物学学科和该学科的某些基本概念。本章内容是：

1. 描绘微生物的广阔前景，认识它们在生物界中的位置。
2. 微生物学的发展和历史上的某些重要事件与人物。
3. 简要讨论“自生说”理论和微生物病原菌学说以及相关的普通微生物学和医学微生物学。
4. 描述微生物的细胞学特征和其在原核生物及真核生物中的名称。
5. 叙述微生物的命名方法。
6. 略述构成微生物界的各类微生物，并对其某些特性进行简要注释。

原理和问题

1.1　微生物学的研究内容是什么？

微生物学是研究只有借助显微镜才能看得见的微小生物的科学。微生物种类繁多，包括细菌(bacteria)、蓝细菌(cyanobacteria)、立克次氏体(rickettsiae)、衣原体(chlamydiae)、真菌(fungi)、用显微镜可见的藻类(microscopic algae)、原生动物(protozoa)和病毒(virus)，如图1-1所示。

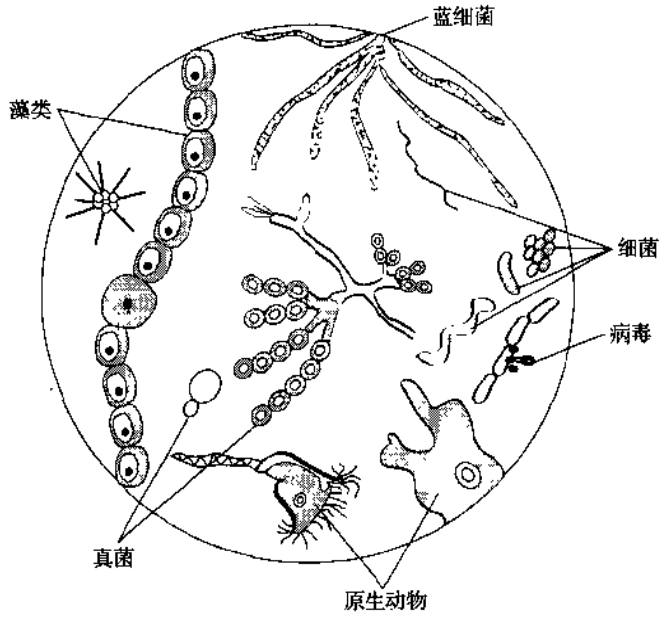


图1-1　微生物学研究的各种类型微生物纵览。注意各类生物形状、大小和形态。

1.2　微生物(microorganism)与微生物(germ)的意思相同吗？

微生物(microorganism)是大多数人所指的微生物(germ) 的科学名称。“microorganism”

这个术语是一个中性词，而“germ”一般指的是能够引起疾病的某些微生物。医学微生物学是与病原微生物有关的微生物学的分支。普通微生物学则包括全部微生物的系谱。

1.3 所有微生物皆可引起传染性的疾病吗?

绝大多数的微生物都与传染病无关，90% 以上的微生物对人类生活质量的改善有帮助。例如，微生物在自然环境中通过碳、氮、硫、磷和其他元素的再循环帮助维持化学元素的平衡。另外，微生物构成自然界中许多食物链的基础，而且土壤中的微生物还可帮助分解所有死亡的生物尸体。

1.4 任何微生物皆能进行光合作用吗?

光合作用是从日光获得能量用于合成含碳化合物如糖类(碳水化合物)的化学过程，以化学能的形式储存能量。我们一般认为光合作用是绿色植物的活动范围，但是某些种类的生物也执行光合作用。如**蓝细菌**[以前称为蓝绿藻(blue-green algae)]就有光合作用的酶系统。它们通过光合作用过程给环境提供许多氧气。单细胞(unicellular)的藻也进行光合作用，制造为其他生物提供能源的糖类(碳水化合物)。因此，微生物对所有生物都是有益的。

1.5 人类如何从微生物获益?

人类可以从微生物的活动中获得实实在在的益处。例如，许多类型的微生物可居住在身体的不同部位，阻止病原菌的生长，口、皮肤、小肠和大肠就是这样的区域。微生物产生许多我们吃的食物，包括发酵的奶制品(发酵的乳酪、酸奶酪和酪乳)和发酵的食品如腌渍品、德国泡菜、面包和酒精饮料等。在工业生产公司，科学家们培养大量的微生物并且利用它们生产维生素、酶、有机酸和其他基本的生长因子。

1.6 微生物是用哪种方法危害人类健康的?

少数微生物使人致病。这些微生物或者通过许多直接的作用抵抗人体系统或者通过它们产生的强毒素干扰人体系统(例如，引起波特淋菌中毒和破伤风病的细菌产生影响神经传导的毒素)。病毒通过在组织细胞内复制造成伤害，从而引起组织恶化。上述这些情况和许多其他情况可导致传染性疾病发生。

微生物学的发展

1.7 谁是第一个观察到微生物的人?

没有一个人确切知道谁是第一个观察到微生物的人，但是显微镜的利用是在 17 世纪中叶，一位名为**胡克**(Robert Hooke)的英国科学家，对一片软木塞的组织中的细胞做了观察。他在所观察的标本中看到一段真菌。17 世纪 70 年代初期一位名为**列文虎克**(Anton van Leeuwenhoek)的荷兰商人，对被他称之为**微动体**(animalcule)的显微镜可见的生物做了仔细的观察。在他描述的各种微动体中有原生动物、真菌和各类细菌。列文虎克开启了用显微镜观察微生物世界的时代，被认为是第一个精确描述微生物世界的人。

1.8 列文虎克逝世之后，微生物学的研究有进展吗?

列文虎克逝世后，微生物学的研究没有迅速发展，因为当时显微镜非常稀少并且人们对微生物的兴趣并不高。那几年，科学家们在争论“**自生说**”(spontaneous generation)的理论，该学说认为一切生物包括微生物皆来自像牛肉汤那样的无生命的物质。17 世纪初期，一位名为 Francesco Redi(雷迪)的自然科学家证实，如果罐子用盖封闭不让苍蝇进入产卵的话，蛆不可能从腐败的肉中自然产生(当时其他人相信可以自然产生) 如图 1-2 所示。几年后，一位名为 John Needham (尼达姆) 英国传教士发表了有关微生物在牛肉汤中自然产生的报道，但是

一位名为 Lazarro Spallanzani（斯帕兰萨尼）的科学家进一步驳斥 Needham 的自生说，证实煮沸过的肉汤不会有显微镜形态的微动体发生。

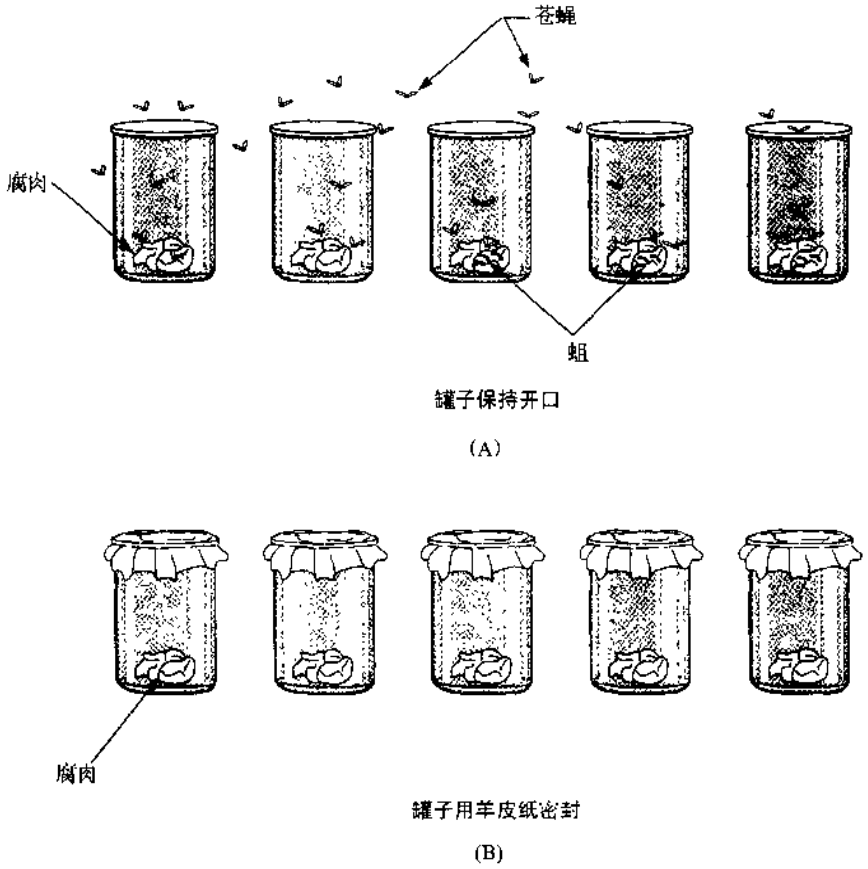


图 1-2　Redi 的驳斥自然发生说的试验。(A)当腐肉接触空气时，它们无遮掩地暴露给苍蝇，苍蝇在肉上产卵，卵孵化成蛆。自然发生说的支持者们认为腐肉可以自然产生蛆。(B)Redi 用羊皮纸覆盖和密封罐子，所以苍蝇不能飞到腐肉上。在肉上没有蛆，Redi 用此证明肉不能自然产生蛆，蛆是从空气中的苍蝇产生的。

1.9　路易·巴斯德（Louis Pasteur）的工作在微生物学发展中的重要性是什么？

巴斯德（图 1-3）19 世纪晚期进行了许多实验，找到酒和奶制品变酸的原因，并发现了引起酸败的细菌。与此同时，他号召人们关注微生物在日常生活中的重要性，并启迪科学家们思索，假若细菌能够使酒“生病”，那么或许它们也能使人患病。

1.10　巴斯德参加棘手的自然发生说论战了吗？

巴斯德认为空气内含有微生物。假如是这样，他认为它们可能与疾病有关，人们可能通过吸入微生物而生病。然而，许多科学家们继续相信疾病发生时微生物仍然是自然产生的。因此，巴斯德不得不驳斥自然发生说以维持他自己的论点。他设计了一系列装满肉汤的**曲颈瓶**（swan-necked flask），让含肉汤的曲颈瓶接触空气，由于瓶子有一个细长弯曲的颈部，结果微生物落在颈壁上，不能进入肉汤内。巴斯德将曲颈瓶对空气打开，结果自然发生并未出现，曲颈瓶内的肉汤没有被污染。巴斯德的实验（如图 1-4 所示），彻底否定了自然发生说并证实空气中确实存在着微生物，能引起疾病。

1.11　什么是病原菌学说？在提出学说过程中巴斯德的作用是什么？

巴斯德在工作的过程中，逐渐认识到微生物是通过空气传播人类疾病的。因此他提出了

图 1-3 路易·巴斯德，微生物学奠基人中最有影响的科学家之一。

病原菌学说(germ theory of disease)，该学说包含了疾病感染是由于微生物在人体内活动这个原理。

1.12 哪位科学家证实了病原菌学说的事实?

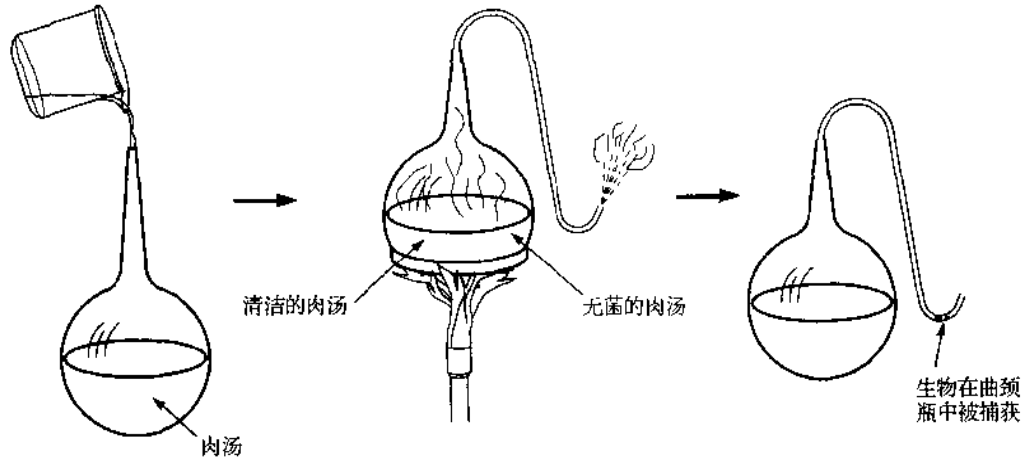
虽然巴斯德进行了许多试验，但他没能成功地证实病原菌学说。德国科学家**罗伯特·柯赫**(Robert Koch)通过排除了任何其他类型的生物，而只培养引起炭疽病的细菌而证实了该学说。他将纯培养的炭疽杆菌注射进小鼠，结果证实这些杆菌引起的炭疽病总是不变的。这些试验证实了病原菌学说。柯赫所用的程序称为**柯赫法则**(Koch's postulates)描述见图 1-5。柯赫法则提供了一种鉴定特殊疾病病因的方法。

1.13 其他科学家是否发展了巴斯德和柯赫的工作?

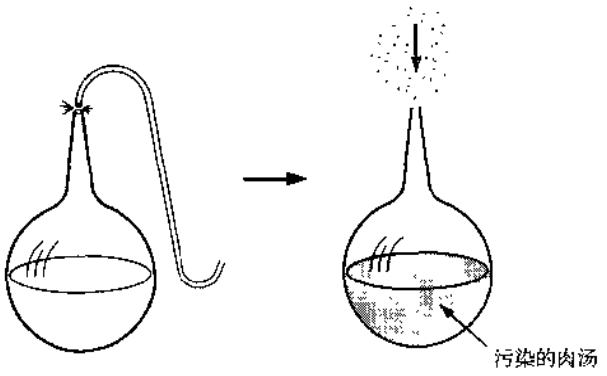
自 19 世纪 80 年代晚期至 20 世纪第一个十年，全世界的科学家们抓住机会进一步发展了由巴斯德阐明、柯赫证实的病原菌学说。在此时期许多不同传染病的病原被鉴定出来，形成了微生物学的黄金时代。许多微生物疾病的病原，就是在那个时期发现的。

1.14 病原菌学说有什么实际的意义?

病原菌学说的意义在于提示流行病可以通过阻断微生物的扩散而被终止。因此，从事公共健康事业的官员们开始共同努力净化水源，保证供给干净的食品，用巴氏法灭菌牛奶，隔离受感染的病人，启用控制昆虫的项目和一些其他的方法去阻断疾病的传播。随着控制传染新方法的采用，流行病发生率下降了。



(A)



(B)

图 1-4　路易·巴斯德用来驳斥自然发生说的曲颈瓶试验。(A)将营养丰富的肉汤放于一个玻璃瓶中，并将颈拉出呈鹅颈的形状。当此瓶肉汤加热煮沸时，肉汤经加热瓶内的空气和生物一起被火菌。由于微生物进入开口的曲颈瓶时被捕获附着在弯曲的颈壁上，肉汤一直保持无菌状态。巴斯德用此试验证实微生物来自空气，而不是来自肉汤。(B)一旦将曲颈瓶打断，微生物自颈进入瓶中，很快瓶中产生了微生物而被污染。巴斯德用此证据进一步揭示了空气中有微生物存在，并且证实微生物来自空气而不是来自无生命的物质。

1.15　化学治疗剂用于治疗传染病是什么时期在微生物学中提出的?

虽然 20 世纪早期已有部分流行病可被预防，但缺少能对已被感染的患者提供治疗的措施。第二次世界大战之后，**抗生素**(antibiotic)作为药物问世，对传染性疾病才有了治疗方法。抗生素是一种化学治疗剂，是微生物产生的化学物质，具有抑制或杀死微生物或其他生物的能力。肺炎、肺结核、伤寒、梅毒和其他许多疾病的发病率随着抗生素的使用而下降。

1.16　对病毒的研究和对其他微生物的研究是平行发展的吗?

病毒太小甚至不可能用光学显微镜观察到。因此，病毒的研究工作一直不能有效开展，直到研制出帮助科学家们显示这些小生物的仪器出现，这种状况才有所改观。20 世纪 40 年代研制出电子显微镜，几年后更加完善。在那十年，建立了病毒的培养方法，人们对病毒的认识突飞猛进。因此，病毒的发现晚于其他微生物。

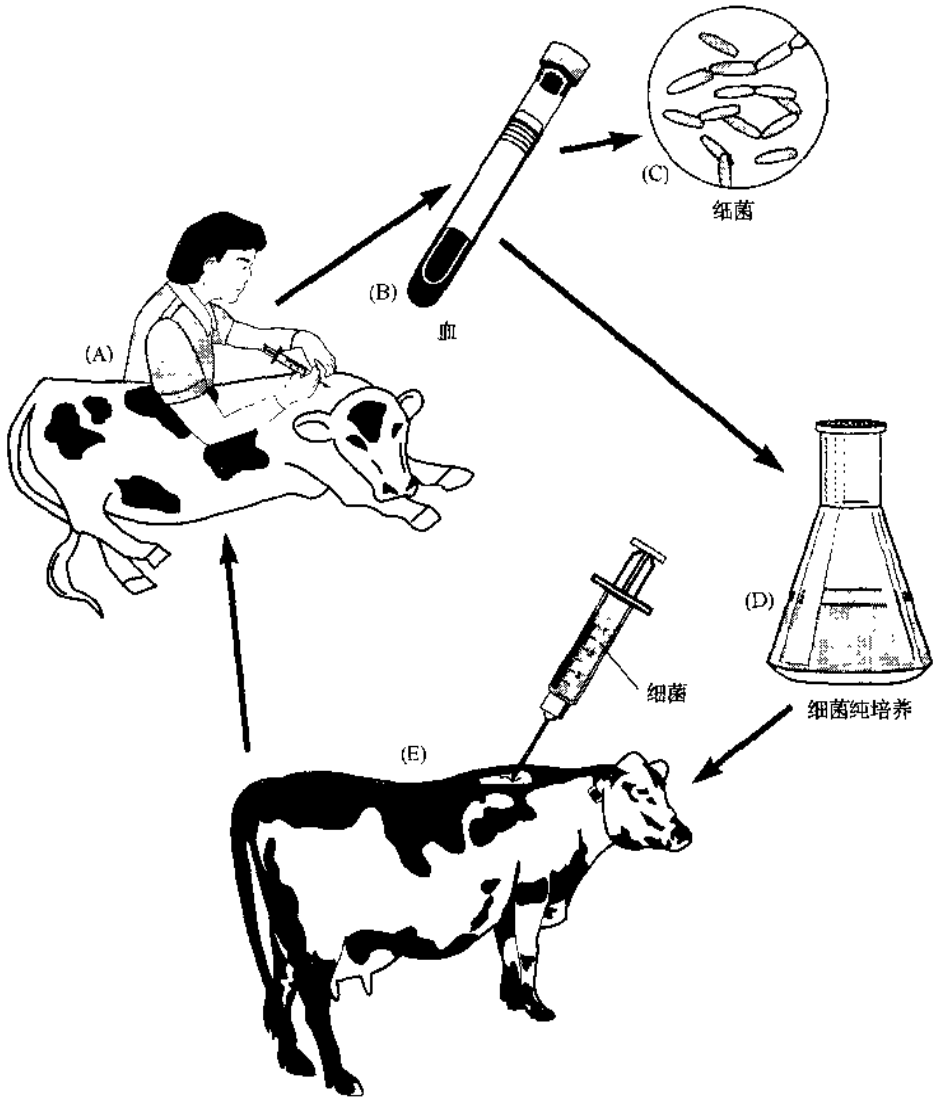


图 1-5　柯赫法则。(A)从患病的动物中提取血液;(B)带回实验室;(C)血液样品中发现病原菌;(D)自血液中分离的细菌在实验室内进行纯培养;(E)将一个纯培养样品中只含有的一种细菌注射到健康的动物。假如动物患病并出现与原来动物同样的症状,证明是这种特殊的微生物引起了这种特殊的疾病。

1.17　对病毒病有什么有效的治疗方法吗?

病毒是超显微的颗粒或毒粒,由一团缠绕的遗传物质和蛋白质外壳所组成。病毒很少或者没有其他化学物质与它们相联系。因此利用抗生素去干扰病毒的结构或活性是困难的。公共健康部门采用免疫法去对付病毒,例如接种针对麻疹、腮腺炎、(病毒性)风疹、肝炎、狂犬病和脊髓灰白质炎病毒的疫苗。

1.18　目前人们对哪些微生物学领域最感兴趣?

人们在微生物学的众多领域中开展研究,包括:发展制药产品、控制食品和日用品生产的质量、污水的微生物治理和微生物在工业中的应用等。应用微生物的主要领域之一是生物工程(biotechnology,生物技术),在这一学科中,微生物被作为生物活性因子去制造其他方法不易得到的化学产物。这些物质包括人类的激素胰岛素、抗病毒的药物干扰素、许多凝血因子和溶纤酶及许多疫苗。细菌也可做成工程菌帮助降解土壤和污水中的化学污染物,而且也可培育出工程菌帮助清除溢出的石油。细菌还可被再利用去构建基因载体,增加植物对昆虫、病毒

和霜冻的抗性。生物工程代表了21世纪应用微生物学的一个主要领域。

微生物的特点

1.19 微生物与其他生物有共同的特征吗?

除了病毒之外,微生物和其他生物一样都有细胞结构。微生物和其他生物的细胞均含有细胞质,其中含有用于催化生物体化学反应的酶。微生物和其他生物细胞的遗传物质都是脱氧核糖核酸(DNA);能量主要贮存于三磷酸腺苷(ATP)中。另外,微生物通过DNA复制和分离成两个新的子细胞的方式进行繁殖。在上述一切情况下,微生物与其他生物相比都要小。

1.20 相对于其他生物,微生物的分类位置在哪里?

微生物按其一系列特征,可以放在两个主要生物类群中的任何一类:原核生物和真核生物。一些微生物如细菌,因其细胞的特点是**原核生物**(prokaryote),而另一些微生物如真菌、原生动物和单细胞藻类是**真核生物**(eukaryote)。这些类群之间微生物的特殊差异将在第4章讨论。由于病毒的简单和独特的特征,病毒既不是原核生物,也不是真核生物。

1.21 谁提出了微生物的命名方法?

所有生物的命名系统皆适合于微生物,该系统是由瑞典的植物学家林奈(Carolus Linnaeus) 18世纪中期创建的。所有的生物均采用双名法命名。

1.22 双名法在微生物中如何运用?

双名法(binomial name)即生物学名由两个名字构成:生物所属的属名和种的修饰词。属名的第一个字母大写,剩余部分小写。种的修饰词用小写。完整的双名法学名或用斜体字或在学名之下划一横线表示。属名的第一个字母可以缩写,然后加上种的修饰词。微生物命名的一个例子是*Escherichia coli*(大肠埃希氏菌),是在人肠中发现的杆状细菌,名字缩写为*E. coli*(即大肠杆菌)。

1.23 微生物可以放在生物界级系统中的任何一界吗?

微生物广泛分布在生物的不同界中,一般采用1969年康奈尔大学Robert Whittaker(罗伯特·魏塔克)提出的生物界级分类系统。Whittaker提出的生物界级的五界系统,微生物在五界系统中占有三界。

1.24 Whittaker的五界分类界级系统是什么?

Whittaker五界分类系统的第一界是**原核生物界**(Monera),如图1-6所示。在这一界中包括有细菌和蓝细菌(以前称蓝绿藻)的原核生物。第二界是**原生生物界**(Protista),包括原生动物、单细胞藻类和黏菌,它们全部是单细胞的真核生物。第三界是**真菌界**(Fungi),包括霉菌、蘑菇和酵母菌。这些生物是真核生物,它们自土壤中吸收简单的营养物质。剩余的两界是**植物界**(Plantae)和**动物界**(Animalia)。植物是通过光合作用合成它们自己食物的多细胞的真核生物,而动物是消化大的食物分子,并将其转化成便于吸收的小分子的摄食营养的多细胞的真核生物。

1.25 细菌有何特征?

细菌是微小的、结构相当简单的、细胞缺少真正细胞核的原核生物。细菌的形态为杆状[杆菌(bacilli)]、球状[球菌(cocci)]或螺旋状[螺菌(spirilla)或螺旋体(spirochete)]。细菌以二分裂繁殖,有独特的细胞壁,分布于地球的大部分环境之中。它们生活的温度范围从0℃至100℃以上,生活于富含氧或无氧的条件中。

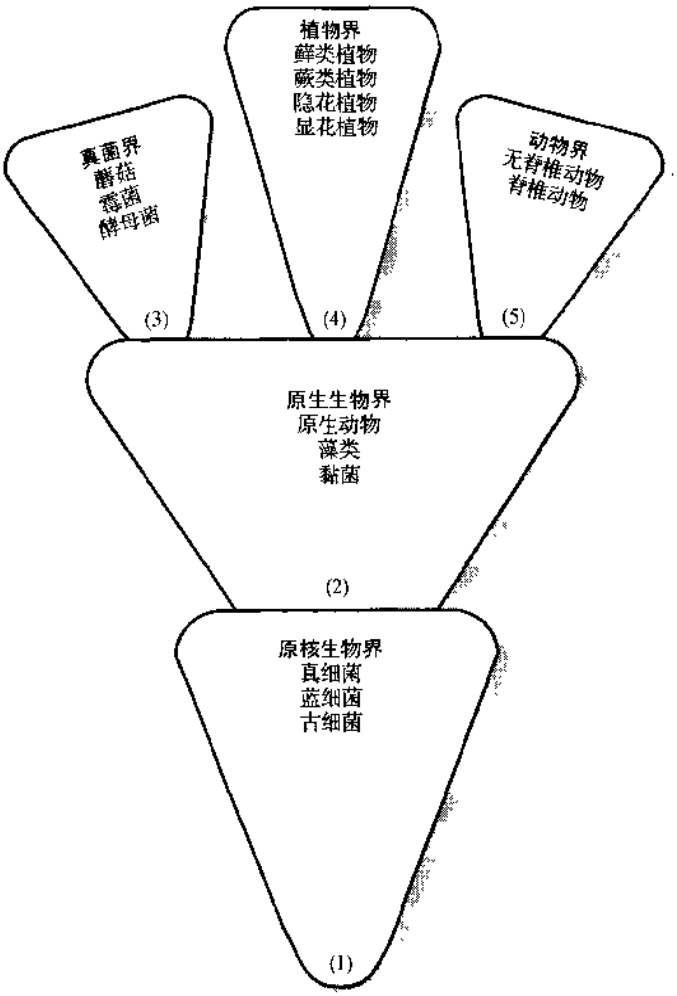


图 1-6　Robert Whittaker 提出的五界系统示意图，在五界中微生物占据显要的三界地位。

1.26　真菌有何重要特征?

真菌包括单细胞的酵母菌和丝状的霉菌。**酵母菌**(yeast)是单细胞的生物，比细菌稍大，用于工业发酵和面包制造。**霉菌**(mold)是由分支[①]的细胞链构成，一般以孢子的方式进行繁殖。霉菌喜欢酸性环境，大多数生活在室温和富含氧的条件下。普通的蘑菇也是真菌。

1.27　从哪些主要特征区分出原生动物?

原生动物是具有真核生物结构的单细胞生物。按其运动方式分类：某些原生动物用鞭毛运动；另一些用纤毛运动；还有另外一些通过伪足运动。由于没有细胞壁，原生动物有各种各样的形态。许多原生动物是人类重要疾病致病的原因，如疟疾、昏睡病、痢疾和弓形体病。

1.28　从哪些特征区分出藻类?

藻类这个术语含有各种各样类似植物的生物的意思。在微生物学中，有几种重要的单细胞类型的藻类，如居住在海洋中的硅藻和甲藻(腰鞭毛藻)，它们生活在食物链的底层[②]。大多数藻类能捕获光能，通过光合作用转化光能为碳水化合物。

---

① 或不分支。——译者注

② 藻类细胞、溶解的有机质和细菌群体组成了水环境中食物链的基础。——译者注

1.29 为什么严格说来病毒不被认为是生物?

生物具有生长、进行新陈代谢的化学反应、独立的繁殖、在环境中发生演化以及细胞水平的结构等特征而有别于非生物。病毒没有上述任何一个特征。它们由DNA或RNA片段及蛋白质外壳所包围而构成,有时蛋白质周围再由类似膜的包膜所包被。病毒只有生活在寄主细胞之中才能复制。它们只是非细胞的、表现出一种生命特征的颗粒,只有当生活细胞能够帮助病毒提供所需的化合物、结构和能量时,病毒才能复制。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 大部分微生物(　　)。 (a)是原生动物 (b)帮助改善生活质量 (c)生活在海洋的底层 (d)发现于外层空间
2. 适合所有微生物的特殊特征是(　　)。 (a)它们是多细胞的 (b)细胞有明显的核 (c)只有用显微镜才能观察到 (d)可进行光合作用
3. 人类通过微生物生产的食品有(　　)。 (a)牛奶 (b)火腿 (c)酸乳酪 (d)黄瓜
4. 第一位观察到微生物的科学家是(　　)。 (a)Robert Hooke (b)Louis Pasteur (c)Joseph Lister (d)James T. Watson
5. 自然发生说的理论认为(　　)。 (a)微生物来自无生命的物质 (b)大动物中发现有系统发育 (c)人类是从类人猿进化的 (d)病毒是从细菌退化的
6. 广泛进行微生物研究的是17世纪70年代荷兰商人(　　)。 (a)van Gogh (b)van Hoogenstyne (c) van Dyck (d)van Leeuwenhoek
7. 路易·巴斯德对微生物学的贡献在于他(　　)。 (a)发现了病毒 (b)提出了自然发生说理论 (c)抨击了进化论 (d)号召人们关注微生物在日常生活中的重要性
8. 阐明微生物是传染病原因的概念称为(　　)。 (a)进化论 (b)病原菌学说 (c)生物学细胞论 (d)报酬递减论
9. 巴斯德采用曲颈瓶试验来(　　)。 (a)驳斥自然发生说 (b)证明微生物致病 (c)认识到微生物的化学结构 (d)提出细菌和原生动物分类系统
10. 在微生物学中提出采用化学治疗剂治疗传染病是由于(　　)。 (a)Hooke的工作 (b)发现了抗生素 (c)阐明了DNA的结构 (d)发展了遗传工程
11. 病毒研究工作的迅猛发展取决于(　　)。 (a)光学显微镜 (b)暗视野显微镜 (c)紫外线显微镜 (d)电子显微镜
12. 下列的所有特征均与病毒相联系,除了(　　)之外。 (a)它们很少有或没有其他的化学物质 (b)用抗生素干扰病毒的活性 (c)病毒引起麻疹、腮腺炎和(病毒性)风疹 (d)它们不是细菌的类型
13. 所有微生物细胞的遗传物质是(　　)。 (a)ATP (b)DPN (c)DNA (d)AMP
14. 由一团缠绕的核酸和蛋白质外壳所包围的粒子是对(　　)最好的描述。 (a)藻类 (b)RNA分子 (c)病毒 (d)细菌
15. 微生物双名法两个组成部分是(　　)。 (a)目名和科名 (b)科名和属名 (c)属名和种的形容词 (d)属名和多样化的词
16. 在分类系统中细菌、蓝细菌一起皆属于(　　)。 (a)原生动物 (b)盐生植物 (c)绿藻门 (d)原核生物界
17. 真菌界中发现的两个类群生物是(　　)。 (a)病毒和酵母菌 (b)酵母菌和霉菌 (c)霉菌和细菌 (d)细菌和原生动物
18. 微生物学中铭记柯赫是由于(　　)。 (a)证实病原菌学说 (b)在实验室中成功地培养

了病毒 (c)发展了广泛采纳的分类系统 (d)提出了原核生物术语

19. 微生物学中单细胞类型的重要藻类是(　　)。 (a)变形虫和纤毛虫 (b)杆菌和球菌 (c)RNA 和 DNA 病毒 (d)甲藻(腰鞭毛藻)和硅藻

20. 蓝细菌值得注意的特征是它们能进行(　　)。 (a)二分裂 (b)异养营养 (c)光合作用 (d)运动

匹配题 根据左栏的描述,从右栏中选出与之相对应的选项。

C 1. 只能用电子显微镜观察	(a)细菌
d 2. 属于原生动物界	(b)真菌
b 3. 进行光合作用	(c)病毒
C 4. 由核酸和蛋白质外壳组成	(d)原生动物
_ 5. (原书缺)	(e)蓝细菌
a 6. 杆状、球状、螺旋状	
b 7. 菌丝的,分支的生物	
e 8. 以前称为蓝绿藻	
C 9. 引起肝炎和脊髓灰白质炎	
d 10. 用于基因工程	

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则替换划线的词进行更正。

_ 1. 虽然一般认为光合作用是植物的特征,但某些微生物如病毒和甲藻属(腰鞭毛藻)也进行光合作用。

_ 2. 疾原微生物致病作用的一种途径是通过产生能干扰全身系统的强的毒素。

_ 3. 由于微生物活动引起的疾病,正确称之为生理的疾病。

_ 4. 英国科学家罗伯特·胡克在他观察的标本中观察到了一段线状的细菌。

_ 5. 因为显微镜稀少,列文虎克逝世后微生物学未能迅速发展。

_ 6. Redi 和 Spallanzani 争论的是进化论学说。

_ 7. 路易·巴斯德年轻时完成的实验证实了肉变酸的缘由。

_ 8. 病原菌学说最初是由科学家柯赫提出来的。

_ 9. 病原菌学说建立之后,阻断流行病的发生成为可能。

_ 10. 由于1840 年前不可能得到电子显微镜,所以没有观察到病毒。

_ 11. 真菌是遗传工程中最喜欢使用的工具。

_ 12. 微生物和其他各界生物中共有的特征是都有细胞器。

_ 13. 真菌、原生动物和单细胞藻类都属于原核生物界。

_ 14. 病毒是由一团缠绕的核酸和碳水化合物外壳所包围构成的。

_ 15. 微生物的双名法是由属名加上种的修饰词构成。

_ 16. 蘑菇、霉菌和酵母菌都属于原生动物界。

_ 17. 细菌是缺少真正细胞核的原核生物。

_ 18. 培养真菌最好是碱性的环境。

_ 19. 原生动物的运动器官是纤毛、鞭毛和伪足。

_ 20. 藻类是一群有点类似动物的微生物。

_ 21. 麻疹、流行性腮腺炎和鼠疫都是由病毒造成的疾病。

_ 22. 胡克(Hooke)用微动体这个术语,特指他所观察到的微生物。

_ 23. 微生物构成了自然界许多食物链的基础。

_ 24. 病毒通过在生活细胞中复制,使组织遭受伤害和恶化。

_ 25. (美)南北战争之后不久,抗生素便在医学中使用。

26. 现公共健康事业中对付病毒已采用抗生素。

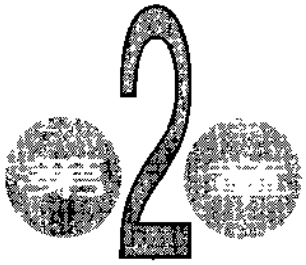
27. 所有生物采用的命名系统均是由柯赫提出的。

28. 当用双名法表示微生物名称时，名字或用斜体字或用黑体字表示。

29. Robert Whittaker 建议的分类系统包括六界。

30. 细菌常以杆状、螺旋状和三角形等多种形态出现。

（林稚兰 译）



微生物学的化学基础

内　容

所有微生物的生长、代谢、致病和在环境中的活动都以化学[①]为基础。本章讨论微生物的化学基础，以组成微生物的结构和酶的有机分子为重点。本章内容是：

1. 有机化合物分子与无机化合物分子的区别。
2. 复习某些基本元素的原子结构和化学键。
3. 对某些化学反应、水、酸和碱的基本概念定义。
4. 糖类、脂类和蛋白质重要性质鉴定和用途。
5. 了解核酸与蛋白质中特定氨基酸序列间的相互关系。
6. 在半保留复制的机制中 DNA 是如何复制的。

原理和问题

2.1　什么时候科学家们第一次认识到生物中的化合物能够合成？

19 世纪，科学家们发现生物如微生物中的化合物能在实验室构建。1828 年 Friedrich Wohler(维勒)合成的脲是最初这些合成工作成果之一。Wohler 合成的有机化合物脲是人尿中的一种成分。此后，化学研究与生物学研究逐渐密切联系起来。19 世纪中叶，当时微生物学处在发展时期，微生物化学的工作逐渐进入接近详尽的研究阶段，巴斯德，微生物学奠基人之一(他最初是一位化学家)，进行了酵母菌发酵化学方面的系列实验（第 1 章）。

2.2　什么是有机化合物？它们与无机化合物有何区别？

与生物如微生物有关的化学物质称为**有机化合物**。在宇宙中所有其他化合物称为**无机化合物**。所有微生物和其他生物中发现的四种主要有机物质是糖类、脂类、蛋白质和核酸。它们是本章主要讨论的物质，有机化学基本叙述的就是碳的化学。

化学原理

2.3　所有化合物的基本物质是由哪些组成的？

宇宙中的所有物质是由一个或多个称为**元素**的基本物质构成的。已知自然界中存在 92 种元素。某些其他的元素[②]也已被科学家们人工合成。元素是不能用化学方法再分解的物质，如氧、铁、钾、钠、碳和氮元素。

2.4　元素是如何标示(称呼)的？

元素常由拉丁文衍生的符号标示。例如，钠[来自拉丁文 *natrium*(钠)]缩写为 Na；钾[来

① 组成和规律。——译者注

② 超铀。— 译者注

自 *kalium*(钾)]用 K 表示;铁[来自 *ferrum*(铁)]用 Fe 表示。其他符号从英文名字衍生:H 代表氢;O 代表氧;N 代表氮;C 代表碳。典型的微生物如细菌的总量 90% 以上由碳、氧、氢、氮元素组成。

2.5　元素的基本单元(基本结构单位)是什么?这些单元由什么组成?

元素是由**原子**组成的,一个元素的最小部分是由其他粒子[①]共同参与组成的(图 2-1)。一个原子若没有丢失该元素的特性不可能被进一步分解。原子由称作**质子**的带正电荷粒子和周围环绕的称作**电子**的负电荷粒子组成的。一个质子的质量大约是一个电子的 1835 倍。第三个粒子是**中子**,没有电荷,和一个质子的质量相同。质子和中子紧密粘连形成稠密的、正电荷的原子核,电子围着核旋转。**原子序数**是一个原子中发现的质子数目,而**原子质量**是一个原子中质子和中子的质量总和。

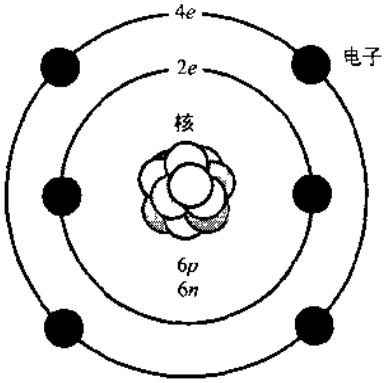


图 2-1　原子的某些重要结构示意图。

2.6　原子中电子的排列对它的化学性质为什么重要?

原子中电子的排列对它的化学性质是重要的,因为当它的外层电子满额时原子最稳定。如氢的分配额是 2 个电子,而其他的元素是 8 个电子。当发生化学反应时,原子倾向于获得或丢失电子,直到它外层空间填满和原子稳定。由电子填满原子外层的元素是**惰性元素**,因为它的原子并不和其他原子发生化学反应。氦和氖是惰性元素。

2.7　氧化和还原反应间的差别是什么?

导致失去电子的化学反应,称作**氧化反应**,丢失电子的分子被氧化。导致获得电子的化学反应,称作**还原反应**,获得电子的分子被还原。这些反应常常一起发生,称作氧化-还原反应。它们是微生物细胞质中能量代谢的重要方面,在本书后面章节讨论。

2.8　原子、电子、同位素之间的差别

含有同样数目的质子和电子时的原子是没有电荷的。但是,当它丢失电子或获得电子时,它得到电荷成为**离子**。假如它有额外的一个质子,离子可带一个正电荷,或者假如它具有一个额外的电子,离子带一个负电荷。钠离子、钙离子、钾离子和许多其他类型的离子,在微生物生理学中是重要的。每一种元素的所有原子中质子数目是相同的,中子数目可以不同。这种中子数目不同的元素称**同位素**(isotope)。同位素有同样的原子序数,但有不同的原子质量,在微生物研究中同位素被用作示踪物。

① 原文为原子。 —译者注

2.9 什么是分子？分子与化合物是怎样的关系？

分子是由不同元素来的原子的精确排列构成的。一个**化合物**就是分子的聚集物。保持一个化合物特性的最小部分定义为分子。例如，水是由水分子(H_2O)组成的一个化合物，而葡萄糖是由碳、氧和氢组成的($C_6H_{12}O_6$)化合物。在这些例子中，化合物分子中由不同种类的原子组成。在另外的情况下，如氢气(H_2)或氧气(O_2)中，化合物是由单一类型原子组成。化合物构成微生物细胞质中的多数结构成分。

2.10 化合物的相对分子质量是如何决定和表达的？

一个化合物的**相对分子质量**(molecular weight)等于分子中原子的相对原子质量的总和。例如，水(H_2O)相对分子质量是18，因为氧的相对原子质量是16，氢的相对原子质量是1。分子质量以**道尔顿**(dalton，Da)表示(一个道尔顿是一个氢原子的质量)。相对分子质量给出的是一个分子大小的相对概念。例如，一个抗体分子的相对分子质量测定是几十万。

2.11 原子间以什么方式连接？

分子间一个原子与另一个原子间连接通过称为**化学键**的方式缔合。为了形成化学键，原子需要足够靠近使其外层电子重叠。从而造成一个电子交换或一个电子对共享。

2.12 什么是离子键，它是如何形成的？

当一个原子的电子转移给第二个原子时**离子键**形成。这种转移产生带电荷的原子或离子(图2-2)，电荷彼此相反(如正电或负电)，且相反电荷的离子互相吸引，吸引形成离子键。当钠和氯离子通过离子键吸引在一起时形成氯化钠。微生物细胞质中常常存在钠离子和氯离子。

2.13 共价键形成的基础是什么？

第二种类型的化学键是**共价键**。当两个原子共享一个或更多个电子时，形成共价键。例如在甲烷(CH_4)分子中，碳同4个氢原子共享它的电子。许多细菌在无氧条件下生长时能形成甲烷(沼气)。在水(H_2O)分子中，氧原子和氢原子共享电子。当共享一对电子时，该键是**单键**；而当共享两对电子时，该键是**双键**。众所周知，碳是能够参与形成许多共价键的，因为它的外层电子层有4个电子，它能够与4个其他原子或原子基团结合。会有各种各样类型的碳化合物出现，所以，微生物的化学基本上就是碳的化学。

2.14 氢键的特性是什么？

第三种类型的键是**氢键**。它是一个弱键。它在质子和邻近分子自由电子对间形成。这样命名是因水分子中有氢键。氢键也称为**静电键**(electrostatic bond)，有时称为范德华力(van der Waal force)。在微生物的核酸组分间也发现氢键，它有助于双螺旋中DNA链的黏着。

2.15 微生物中发生哪些类型的化学反应？

分子彼此之间相互作用形成新键的过程称作**化学反应**。化学反应反应物相互作用，形成各种各样的**产物**。微生物中发生的化学反应，可以是反应物分子间发生部分转换的化学反应，或者加进一个水分子称作水解作用的化学反应，或者包含电子交换的一个氧化-还原反应。

2.16 微生物化学反应中为什么水特别重要？

水是许多化学反应中的重要一方，它或者作为反应中的反应物，或者是反应中形成的产

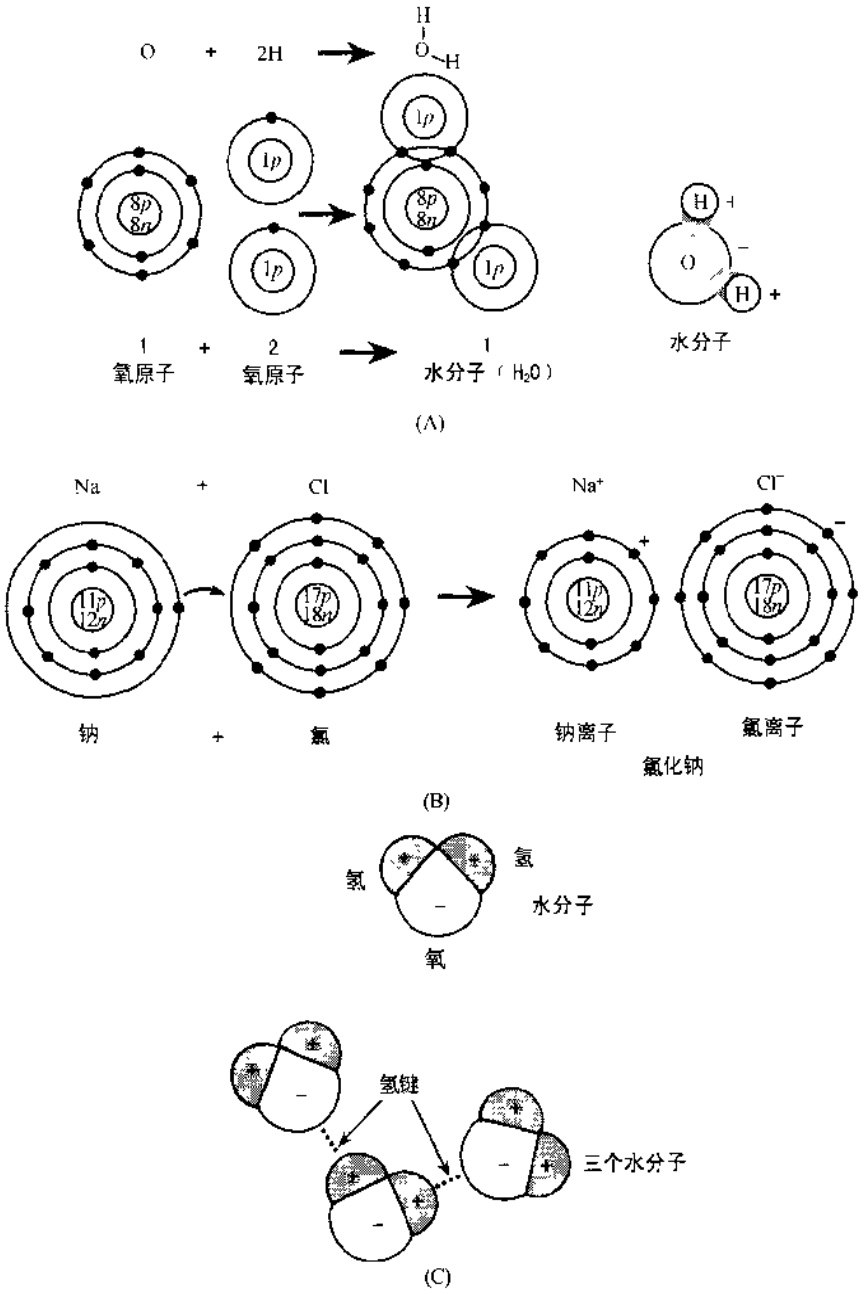


图 2-2　分子中原子间的三种键型。(A)离子键，当一个电子或几个电子从一个原子转移到另一个原子形成离子时，离子互相吸引，建立了离子键；(B)共价键，两个或两个以上原子共享电子，用 8 个电子或 2 个电子(氢)填满外层电子层；(C)氢键是一个弱键，在自由电子对和邻近质子之间形成。水分子通过氢键黏着在一起。

物。微生物中水是万能的溶剂，而且实质上微生物中发生的所有化学反应都在水中。微生物重量 75% 以上是水。水参与了微生物的大多数功能，并且是它所生活的世界(培养基)的主要成分。

2.17　酸和碱的区别是什么?

酸是一种放在水中释放氢原子的化合物。盐酸放在水中释放氢原子。一个酸假如释放许多氢离子，就是强酸(如盐酸、硫酸和硝酸)；假如释放很少氢离子就是弱酸(如碳酸)。某些化合物当它们放在水中时吸引氢原子，这些化合物是**碱**。典型的碱包括氢氧化钠(NaOH)和氢氧化钾(KOH)。当这些化合物放在水中时，它们从水分子中吸引氢离子，留下氢氧根离子，形

成了碱溶液。NaOH 和 KOH 是强碱，而如鸟嘌呤和腺嘌呤是弱碱。酸和碱一般对微生物的细胞质是有害的，因为酸、碱干扰细胞质中发生的化学反应。

2.18 pH 如何定义?

测量一个物质的酸度或碱度是 **pH**。pH 术语指的是物质的氢离子浓度。当氢离子数目和氢氧根离子数目相等时，物质的 pH 是 7(纯水的 pH 是 7)。pH 数降低，表示为更酸的物质，而最酸的物质 pH 是 1.0。碱性的物质 pH 高于 7，而最碱的物质 pH 是 14.0。多数微生物喜欢生活在 pH 接近 7.0 环境中，值得注意的例外是真菌，真菌喜欢低 pH，pH 接近 5.0。

微生物的有机化合物

2.19 糖类的一般性质是什么?

糖类是微生物的结构成分和供能物质。它们由碳、氢、氧三种元素组成，而且氢原子与氧原子的比例是 2∶1。蓝细菌在光合作用过程中形成糖类物质，所有细菌和其他微生物在进行呼吸作用时，糖类物质分解释放能量。

2.20 某些单糖名称和性质

单糖一般称为糖(类)，由单分子构成的糖类也称为**单糖**(monosaccharide)。微生物中最广泛遇到的单糖是**葡萄糖**，葡萄糖的分子式是($C_6H_{12}O_6$)。葡萄糖是微生物生活燃料的基本单位，葡萄糖代谢释放能量。其他的单糖是**果糖**和**半乳糖**，分子通式也为($C_6H_{12}O_6$)，但原子排列方式不同。像这样的分子称为(同分)异构体(isomer)。葡萄糖提供微生物生命活动如运动、形成毒素和摄食营养所用的大部分能量。能量被释放和用于形成 ATP，ATP 是直接(即时)的能源，第 6 章详尽讨论这个主题。

2.21 某些双糖的性质

双糖是由两个单糖分子以共价键彼此连接而构成的。与微生物相关的三种重要**双糖**(disaccharide)为：**麦芽糖**(maltose)由两个葡萄糖单位构成，酵母菌啤酒发酵分解麦芽糖；**蔗糖**(sucrose)(餐桌中的食糖)由葡萄糖和果糖连接而成(图 2-3)，牙脓肿病变时细菌分解蔗糖；**乳糖**(lactose)由葡萄糖和半乳糖分子构成，当含有许多乳糖的奶变酸时，细菌分解乳糖。

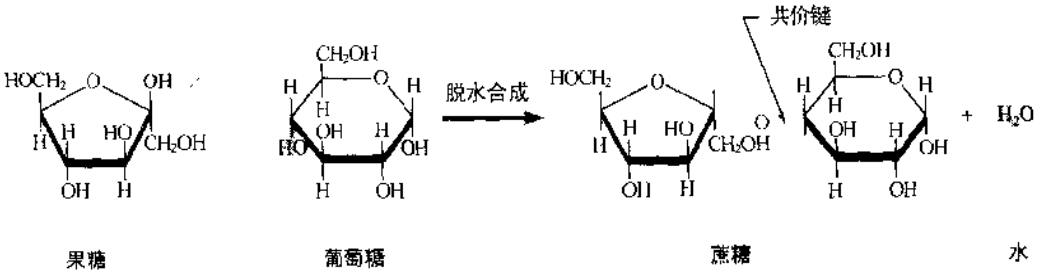


图 2-3 双糖蔗糖的形成。

2.22 多糖举例及其重要性

复合的糖类称为**多糖**(polysaccharide)。无数的单糖分子结合而形成多糖。其中最重要的多糖是**淀粉**(starch)，由几千个葡萄糖单位组成。淀粉是糖类的一种储存形式，用作微生物的能源，可被真菌和细菌消化。另一类重要的多糖是**纤维素**(cellulose)，纤维素也由葡萄糖单位组成。但纤维素糖分子间连接的共价键只能被一些微生物水解。在藻类和真菌的细胞壁中发现纤维素，细胞壁中还发现另外一类称作几丁质的多糖。

2.23　脂类的一般性质是什么?

脂类是由碳、氢和氧原子组成的有机分子。脂类中氢原子和氧原子的比例远比糖类高。脂类包括甾醇类(类固醇)、蜡和脂肪。其他脂类包括含有磷及在微生物细胞膜上发现的磷脂。脂类也用作为微生物的能源。

2.24　脂肪分子的化学组成

脂肪分子是由一个甘油分子和一、二或三分子脂肪酸分子组成(因此形成单脂酰、二脂酰和三脂酰甘油)。脂肪酸是由一个与羟基(—OH)相联系的长的碳原子链[①]和有机酸基[②]组成。脂类中脂肪酸可以相同或全都不同。脂肪酸在**脱水合成**(dehydration synthesis)过程中结合到甘油分子上,此过程包含除去水分子、形成共价键(图 2-4)。脂肪酸中碳原子数目少至 4 个,多至 24 个。某些脂肪酸分子中失去氢原子而形成一个或多个双键。含有双键脂肪酸分子的脂肪称作**不饱和**(unsaturated)脂肪,其他不含双键脂肪酸分子的称作**饱和**(saturated)脂肪。

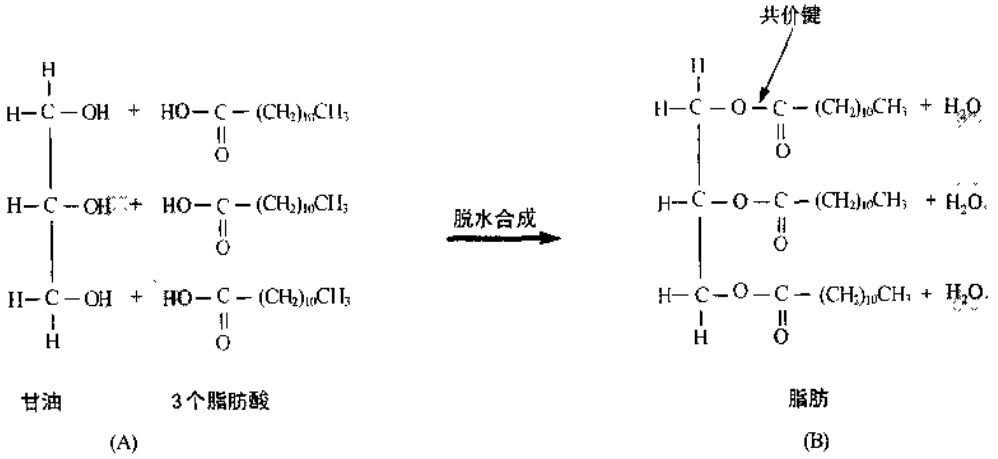


图 2-4　脂肪的化学。(A)脂肪分子的组成:甘油和脂肪酸分子;(B)通过脱水合成过程形成脂肪分子,注意,合成时水分子被除去。

2.25　蛋白质有哪些性质?

蛋白质大小和复杂度非常不同,但所有蛋白质都由称作**氨基**酸的基本单元组成。氨基酸含有碳、氢、氧、氮原子,硫或磷原子有时也存在。有 20 种不同种类的氨基酸,每一个氨基酸上有一个氨基(—NH_2)和一个有机酸基[③]。通常碳原子上还连着一个化学基团(R)。随着连接的 R 基团不同,氨基酸不同。氨基酸举例:丙氨酸、缬氨酸、谷氨酸、色氨酸、酪氨酸和组氨酸。

2.26　微生物细胞中蛋白质是怎样形成的?

形成蛋白质时,氨基酸彼此连接,从一个氨基酸的氨基除去氢原子和第二个氨基酸的羧基端除去羟基(—OH),然后一个氨基酸的氨基和另一个氨基酸的羧基连接,由于这个过程从反应中除去水分子,是脱水合成[④]作用。氨基酸之间形成的酰胺键称为**肽**键(peptide bond)。小的蛋白质常称为肽(图 2-5)。

---

① 长的碳氢链。——译者注
② —COOH,羧基。——译者注
③ —COOH,羧基。——译者注
④ 缩合脱水。——译者注

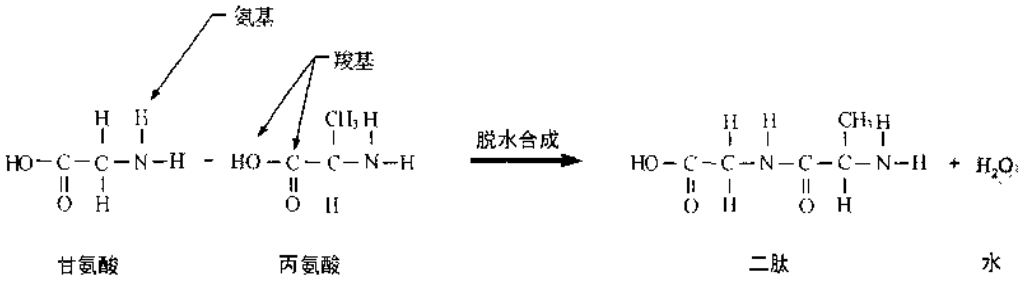


图 2-5　两个氨基酸间肽键的形成。

2.27　微生物蛋白质的功能在哪?

微生物的蛋白质构成细胞的部分结构(如鞭毛、荚膜、细胞质、细胞膜)和合成酶。酶(enzyme)是微生物细胞内催化大多数化学反应的化学物质。在反应中酶并不被消耗,但需要维持酶活力,使酶促反应继续进行。没有酶,生物的化学反应不能发生。蛋白质也构成许多微生物毒素的组成成分,而且它们也是机体防御机制中产生抗体的物质。蛋白质中的氨基酸也能作为微生物的一种补充能源。当需要能源时,酶从氨基酸中除去氨基而利用产生化合物中的能量。

2.28　蛋白质中氨基酸的序列是如何决定的?

各类微生物都能制造自己独特的蛋白质,这些蛋白质合成的信息(出现在终蛋白上的特定氨基酸序列的遗传密码)在细胞的染色质中。细胞染色体上含有遗传密码活性的功能单位叫做基因,单个细菌的细胞有一个染色体,大约 4000 个基因。

2.29　核酸的一般性质是什么?

像蛋白质一样,核酸是大分子,也像蛋白质一样,它们是由结构单元组成的。但是,核酸的基本结构单位(结构单元)叫做**核苷酸**,由核糖、磷酸基与含氮碱基组成。每一个核苷酸分子含有连接一个磷酸基的糖分子,糖分子再与含**氮碱基**分子上的氮原子相连接,所以称为碱基,是由于其有碱的特性。

2.30　微生物中有哪两类重要的核酸?

微生物细胞中发现有两类核酸,一类是**脱氧核糖核酸**即 **DNA**,另一类是**核糖核酸**即 **RNA**。DNA 主要存在于细胞的染色体上;它是构成基因的物质。RNA 存在于细胞的细胞质中;它与 DNA 一起参与蛋白质的合成。

2.31　DNA 和 RNA 的区别是什么?

DNA 和 RNA 在它们核苷酸组成上稍微不同。DNA 含的**五碳糖**是**脱氧核糖**,而 RNA 的五碳糖是**核糖**。DNA 和 RNA 两者都有从磷酸分子来的**磷酸基**。在核苷链中,磷酸基连接一个个脱氧核糖或一个个核糖分子。含氮碱基两者都有**腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶**,但 DNA 还含有**胸腺嘧啶**,而 RNA 含有**尿嘧啶**。腺嘌呤、鸟嘌呤是**嘌呤**分子,而胞嘧啶、胸腺嘧啶和尿嘧啶是**嘧啶**分子。

2.32　微生物中 DNA 的分子结构

1953 年生物化学家 James D. Watson (沃森)和 Francis H. C. Crick (克里克)提出了现在广泛采纳的 DNA 分子双螺旋结构模型,在 Watson-Crick 模型中,DNA 由两条反向平行的核苷酸长链组成。在核苷酸链中,鸟嘌呤和胞嘧啶分子连接形成碱基对,腺嘌呤和胸腺嘧啶分

子连接形成碱基对，腺嘌呤和胸腺嘧啶像鸟嘌呤和胞嘧啶一样，是**互补性**(complementary)的，这是碱基互补配对原则。然后两条核苷酸链缠绕形成一个像螺旋楼梯形状的**双螺旋**。两条链之间的碱基根据互补配对原则，并通过弱的氢键相连而结合在一起(图 2-6)。

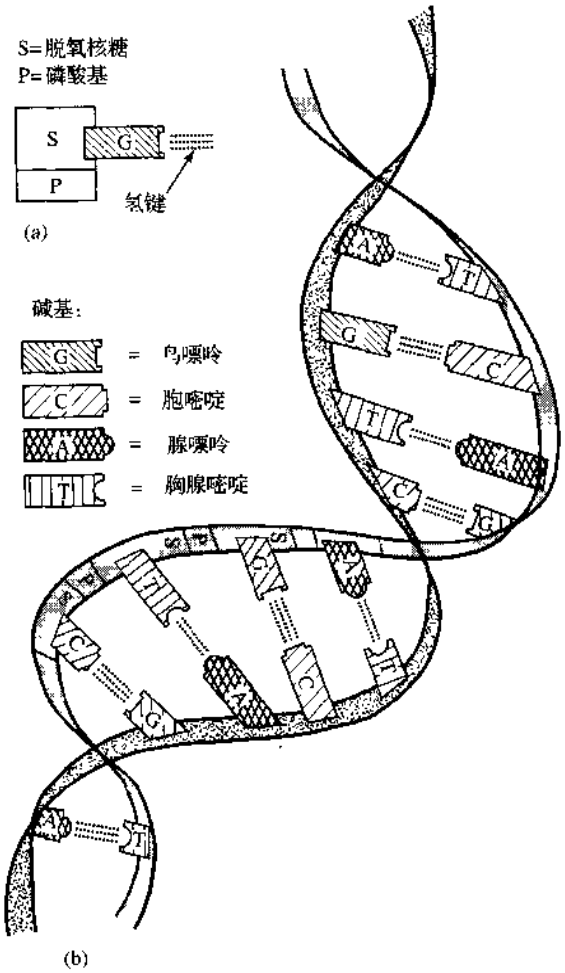


图 2-6　DNA 分子结构。

2.33　DNA 分子中含氮碱基序列的意义是什么?

DNA 分子中碱基序列是蛋白质中氨基酸排列顺序的基本单元。碱基如何排列是遗传密码的实质。微生物中遗传密码转录给 RNA 分子，然后，从遗传密码翻译出蛋白质分子中氨基酸的序列。

2.34　当微生物细胞分裂时，DNA 的自我复制采用什么机制?

微生物细胞分裂成两个细胞之前，DNA 自我复制。细菌中单个染色体(或 DNA 分子)复制形成两个染色体。然后，复制完的染色体分开，一条染色体进入一个新的细菌子细胞。当特异的酶[①]分开 DNA 双链或“拉开拉链”时，DNA 复制过程开始。由于两个链分开，每条链上的嘌呤和嘧啶碱基露出，然后，在模板 DNA 分子上裸露的碱基之间吸引其互补碱基配对，脱氧核糖和磷酸基进入分子，通过 DNA 聚合酶连接所有核苷酸成分形成长链核苷酸。

2.35　为什么 DNA 复制描述为“半保留复制”?

当复制的过程，原来的旧 DNA 链按碱基对互补原则指导新 DNA 链合成。然后，原来的

① 解旋酶。——译者注

旧链与新合成的链黏合形成一个 DNA 双螺旋。这个过程称为**半保留复制**(semiconservative replication),因原来的旧链中的一条仍保留在新合成的 DNA 双螺旋之中。

复 习 题

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 宇宙中所有物质都是由一种或多种称为_____的基本物质组成的。
2. 细菌总量 90% 以上成分是由碳、氧、氢和_____组成。
3. 与生物如微生物相关的那些化合物称为_____。
4. 由不同元素来的原子的精确排列在_____中被发现。
5. 一个化合物的相对分子质量是_____加在一起的。
6. 微生物双螺旋结构中的 DNA 链通过称作_____键黏着的。
7. 酸是一种放在_____中释放氢原子的化合物。
8. 蓝细菌进行_____过程形成所需的糖类。
9. 所有微生物生活燃料的基本单位和糖类物质代谢释放的能量来自_____。
10. 酸奶中细菌分解的双糖是_____。
11. 真菌和藻类细胞壁中含有由葡萄糖基本结构单位组成的多糖和_____。
12. 包括脂肪、蜡和甾醇类(类固醇)在内的典型有机化合物称作_____。
13. 当形成脂肪分子时,脂肪酸结合到甘油分子上,除去水分,此过程称为_____。
14. 微生物细胞中所有蛋白质的基本结构单位称为_____。
15. 当氨基酸连接在一起形成大的有机化合物分子时,氨基酸之间连接的键类型为_____。
16. 微生物细胞中最大多数化学反应是由称为_____的一类化合物催化的。
17. 微生物细胞中的染色质是由核酸中的_____组成的。
18. 所有核酸都是由含氮碱基、磷酸分子和糖类分子组成的,糖类分子中有脱氧核糖和_____。
19. RNA 与 DNA 中含氮碱基的区别在于 DNA 中含有胸腺嘧啶,而 RNA 中含有_____。
20. DNA 复制产生两个 DNA 分子,每一个 DNA 分子中都有一个原来旧的 DNA 链,因此,复制称为_____。

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

__1. 单个细菌细胞的细胞质中有许多染色体,每一染色体有大约 40 000 个基因。
__2. 当分子共享一对电子时,该键称为单键。
__3. 氯化钠中氯离子和钠离子间发现的化学键类型是氢键。
__4. 大多数微生物喜欢生活在 pH 接近 3.0 的环境中。
__5. 单糖如半乳糖和果糖其分子式相同,而分子中原子排列方式不同,这种分子称为同位素。
__6. 某些微生物的细胞壁中发现的纤维素和几丁质是多糖。
__7. 蛋白质和糖类分子中含有氮,而核酸和脂类分子中无氮。
__8. 微生物中蛋白质的用途之一是酶的合成。
__9. 蛋白质合成的化学信息被发现存在细胞的染色质中。
__10. 酸是那种放在水中吸引氢原子的化学物质。
__11. 微生物中发生氧化-还原反应时,电子发生交换。
__12. 一个原子获得一个电荷,即获得一个额外电子时变成离子。
__13. 碳因能够参与形成许多共价键而著名,由于它的外层有 8 个电子。

__ **14.** 微生物重量 75% 以上是碳。
__ **15.** 核酸中发现含氮碱基的例子是丙氨酸、缬氨酸、色氨酸和酪氨酸。
__ **16.** 麦芽糖和蔗糖是微生物代谢中所用的典型双糖。
__ **17.** 蛋白质中普遍有嘌呤和嘧啶分子。
__ **18.** 遗传密码的实质是 DNA 分子中含氮碱基的排列顺序。
__ **19.** 分子质量以道尔顿表示，相对分子质量给出的是一个分子大小的相对概念。
__ **20.** 微生物中水是万能的溶剂，而且实质上所有的化学反应都在水中进行。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 当一个原子丢失或获得电子时，获得电荷的原子变成(　　)。　(a)一个同位素　(b)一个质子　(c)一个离子　(d)一个中子
2. 分子中含有下面几种化学键，除了(　　)之外。　(a)共价键　(b)氢键　(c)酸性键　(d)离子键
3. 一个惰性元素是(　　)的一种原子。　(a)没有电子　(b)外层填满质子　(c)酸性的　(d)外层填满电子
4. 离子键化合物的例子是(　　)。　(a)一个蛋白质　(b)一个三脂酰甘油(甘油三酯)　(c)氯化钠　(d)丙氨酸
5. 氢键是一个弱键，在(　　)之间形成。　(a)三对电子　(b)质子　(c)质子和中子　(d)质子和三对电子
6. 氢原子和氧原子比例为 2∶1 的物质是(　　)。　(a)核酸如 DNA　(b)蛋白质如胰岛素　(c)糖类物质如葡萄糖　(d)脂肪如脂肪组织
7. pH 9.3 的物质是(　　)。　(a)碱性的　(b)酸性的　(c)中性的　(d)惰性的
8. 葡萄糖、半乳糖和果糖全都有相同的分子式，但原子排列方式不同，因此认为是(　　)。　(a)离子　(b)同位素　(c)(同分)异构体　(d)多聚体
9. 糖类中的麦芽糖(　　)。　(a)是多糖的一个例子　(b)含有许多氨基酸　(c)是两个葡萄糖基本结构单位组成的　(d)餐桌上的食糖
10. 所有蛋白质都是(　　)。　(a)两个或多个单糖基本结构单位　(b)两个或多个氨基酸　(c)或 RNA 分子或 DNA 分子　(d)许多碱基
11. 微生物用蛋白质去制造(　　)。　(a)能量化合物　(b)酶和细胞的组成成分　(c)DNA 分子和染色体　(d)离子
12. 蛋白质中氨基酸的序列取决于(　　)。　(a)细胞中能量的总量　(b)细胞核中存在的 RNA　(c)细胞染色体物质中的化学信息　(d)存在的氧量
13. 腺嘌呤、鸟嘌呤、胸腺嘧啶是微生物中的(　　)例子。　(a)核苷酸　(b)含氮碱基　(c)氨基酸　(d)单糖
14. James D. Watson 和 Francis H. C. Crick 因他们提出的(　　)模型而著名。　(a)DNA 结构　(b)细菌细胞质的 pH　(c)氢氧化钾的酸性　(d)纤维素的化学组成
15. 在脂肪的分子中，脂肪酸和(　　)分子连接。　(a)几丁质　(b)胞嘧啶　(c)甘油　(d)氨基酸
16. pH 值为 7.0 的溶液是(　　)。　(a)氨基酸溶液　(b)所有蛋白质分子　(c)纯水　(d)酶分子
17. 葡萄糖代谢释放出能量，并产生直接(即时)的能源称为(　　)。　(a)ATP　(b)DPN　(c)CHO　(d)RNA
18. 氨基酸分子中包括有下列基团，除了(　　)之外。　(a)自由基　(b)羧基　(c)氨基　(d)磷酸基
19. 脱水合成(缩合脱水)过程发生在合成(　　)。　(a)葡萄糖分子　(b)ATP 分子　(c)蛋

白质和脂肪　(d)同位素

20. (　　)不是微生物中蛋白质的生理功能。　(a)它们是许多微生物毒素的成分　(b)它们是构成抗体的物质　(c)它们用于合成酶　(d)它们是生物的遗传物质

(林稚兰 译)

微生物大小和显微技术

内　容

因为只用肉眼看不见微生物，所以必须借助某些类型显微镜放大才能看到它们。下面将概述使用显微技术的各种方法和描述微生物大小的某些概念。本章内容是：

1. 确定测量微生物的单位，比较不同微生物的大小。
2. 了解复式显微镜的基本原理，概述提高仪器分辨率的方法。
3. 认识复式显微镜的重要组件，学习每一组件的功能。
4. 概述暗视野显微镜、相差显微镜、荧光显微镜的特性。
5. 学习电子显微镜的基本原理，阐述透射电子显微镜和扫描电子显微镜间的显著差别。
6. 阐述简单染色、负染色和革兰氏染色原理。
7. 复习革兰氏染色、耐酸染色和其他染色技术的步骤。

原理和问题

3.1　现代显微镜放大率是多少？

现代的**明视野显微镜**[bright-field microscope，也称光学显微镜(light microscope)]在大多数教学实验室使用。它通常将物体放大 1000 倍，虽然用特殊的聚光镜和种种装置，最高总放大倍数达 2000 倍。荧光、相差和暗视野显微镜也只能达到类似的放大倍数。比较起来，电子显微镜利用波长较短电磁波的一束电子，放大倍数可达几万倍。

大小关系

3.2　大多数微生物用什么单位测量？

科学研究和写文章中采用的公制单位也适用于测量微生物。但是，不用我们熟悉的米和毫米。微生物的测量单位称作微米。一**微米**(μm)是百万分之一米。另外的表示方法就是 100 万微米等于 1 米。1000 微米等于 1 毫米，即 1/1000 毫米等于 1 微米。细菌、真菌和原生动物用微米来测量。

3.3　微米单位也用于测量病毒吗？

病毒是引起人类致病中已知的最小生物。所有病毒用称作纳米的单位来测量。一**纳米**(nm)是十亿分之一米，病毒中小 RNA 病毒科(Picornaviridie)的某些成员(如脊髓灰质炎病毒)测量其直径只有大约 20 nm。十亿纳米等于一米。

3.4　有更大的病毒吗？

并不是所有病毒都是小 RNA 病毒科成员那么大小。某些病毒，如痘病毒科(Poxviridae)的痘病毒(*poxvirus*)相当大，测量直径大约 200 nm。大小相当于最小的细菌衣原体，衣原体中的例子如沙眼衣原体(*Chlamydia trachomatis*)，是衣原体中的一种病原体，引起一种性传

播的疾病。

3.5　细菌和病毒的大小比较怎样?

病毒是最小的微生物,其直径大约 20～200nm。一般细菌长约 0.5～20μm。有三种类型的"小"细菌:立克次氏体,包括立氏立克次氏体(*Rickettsia rickettsii*),即洛基山斑疹热的病原体,直径大约 0.45μm;衣原体,包括鹦鹉热衣原体(*Chlamydia psittaci*),即鹦鹉热的病原体,直径大约 0.25μm;支原体,包括肺炎支原体(*Mycoplasma pneumoniae*),即支原体肺炎的病原体,大约 0.15μm,其间比较如图 3-1 所示。

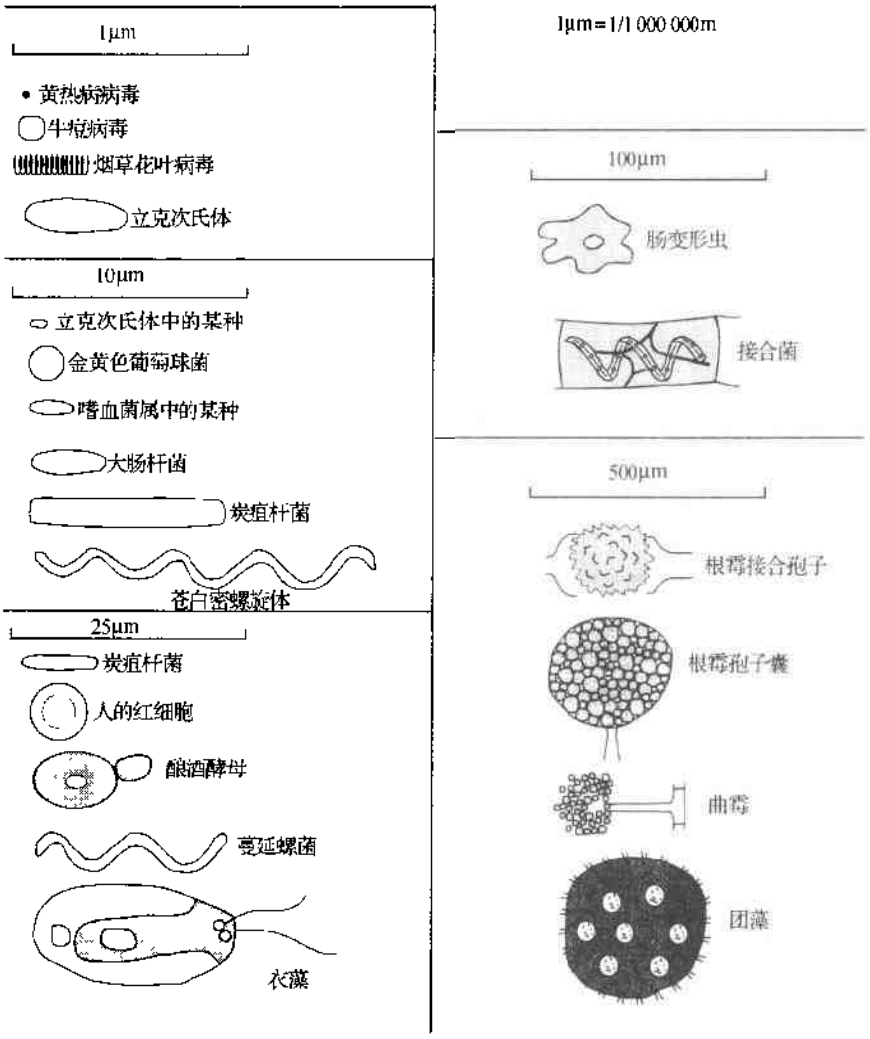


图 3-1　各类微生物大小关系比较。为了绘制示意图,形状已经规范化了。

3.6　真菌和原生动物的大小比较怎样?

真菌细胞包括菌丝和真菌的菌丝体,长度可至 25μm。单细胞的真菌如酵母菌中的酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)大约 8μm 长。原生动物细胞大小差异相当大,贾第虫病(ginrdiasis)的病原体吸吮贾第虫(*Giardia lamblia*)直径大约 20μm,而小袋虫病(balantidiasis)的病原体结肠肠袋虫(*Balantidium coli*)长度可达 200μm。

显　微　镜

3.7　单式显微镜和复式显微镜的差别是什么?

单式显微镜有一个放大被观察物直径的透镜系统。**复式显微镜**有两个透镜。第一个透镜

(物镜)把物体第一次放大,所成的影像被第二个透镜(目镜)再放大。因此,放大是复合式的。复式显微镜中的一个例子,明视野显微镜如图3-2所示。

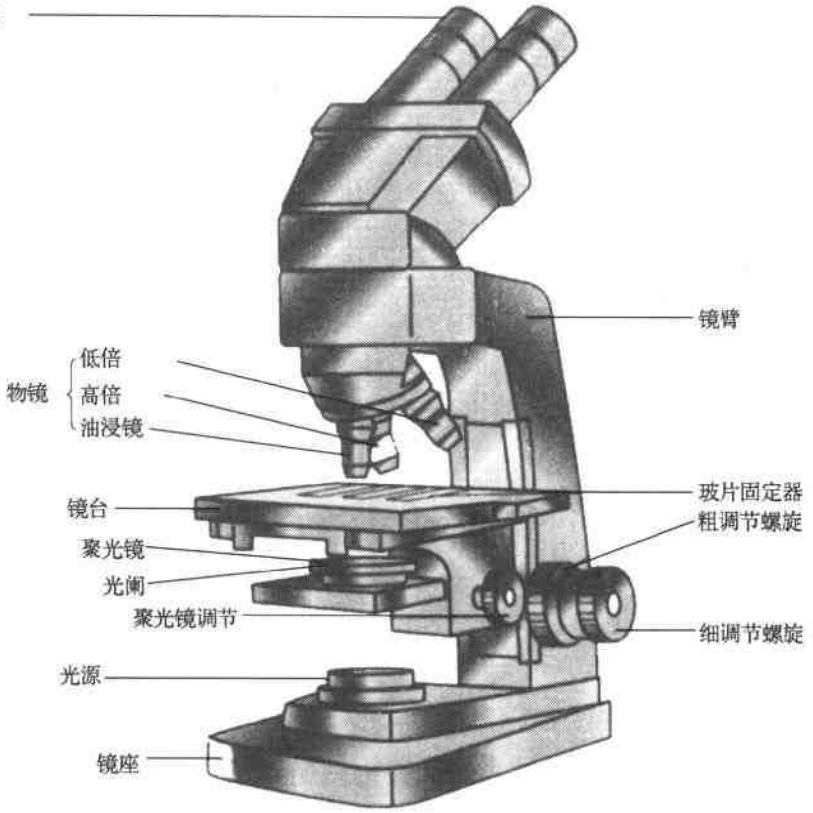


图3-2　在许多临床和教学的实验室中所使用的、熟悉的明视野显微镜。图中注明显微镜的重要组件。

3.8　复式显微镜构成的基本原理是什么?

复式光学显微镜有两个放大的透镜称**目镜**和物镜。目镜位于眼睛的一端,**物镜**靠近被观察的物体一端,在显微镜的镜筒中把微生物放大成影像。然后这个影像用作为被目镜观察的物体,再被放大成为最后见到的影像。例如,一个用40倍的物镜放大的影像比物体正常大小大40倍。放大率为10倍的目镜和放大率为40倍的物镜,则总的放大率为400倍。这就是物体的最后放大率。

3.9　微生物学科中显微镜分辨率是指什么?

分辨率(resolution)是指显微**镜**辨别很接近的两个点最小距离的能力,也称为分辨力。分辨率是给出特定透镜系统区分最小物体大小的一个指标。例如,透镜系统分辨率是0.5μm,任何大于0.5μm的物体容易被看清楚,但任何小于0.25μm的物体不能被清楚地观察到。因此在显微镜中所能观察到的微生物的大小必须在所用透镜系统的分辨率之内。

3.10　分辨率是怎样测定的?

测定分辨率,必须知道透镜系统的**数值口径**(numerical aperture,**NA**)。数值口径表示光线透射到物镜透镜口径[①]所形成的视锥[②]大小。NA(数值口径)典型的参数都蚀刻在透镜的**镜**

① 边缘上。——译者注
② 夹角。　译者注

壁上，是两个数的乘积即 $NA = n \times \sin \frac{a}{2}$[①]。结果转变成可见光的波长[②]，典型的波长是550nm(假定用另外一种光源，如紫外线，光波长应代入公式求出)。透镜系统的分辨率用纳米(nm)表示，通常最后转换成微米(μm)。

3.11 显微镜的分辨率能提高吗?

提高显微镜分辨率的一种途径，可以通过缩短所使用能量的波长。这是制造电子显微镜的基本原理。采用更短的电子束波长，使被观察的物体分辨率更好。另一种提高显微镜分辨率的途径是增大光视锥[③]大小，用油浸物镜来完成。

3.12 折射率是提什么?

折射率(refractive index)是指分质如空气和玻璃弯曲光线的能力。当使用显微镜物镜时，光线透过玻璃载玻片进入空气时会弯曲。这种弯曲实际上是由于玻璃和空气间密度不同，而有不同折射率的结果。

3.13 光学显微镜中折射率不同引起的问题怎么解决?

折射率不同的解决办法是在玻璃载玻片和透镜之间的空间加一滴**浸镜用油**，浸镜用油和玻璃有相近的折射率，因为折射率相似，光线可直接从玻璃载玻片穿过直至油再到达透镜的玻璃。结果是光线进入透镜的量增加和光视锥范围加宽。透镜系统分辨率的增加，由于油浸透镜的使用成为可能。

3.14 除了透镜之外，光学显微镜其他重要组件是什么?

除了透镜之外，大多数光学显微镜还有几个组件增大它们的效能。一个组件称为**聚光镜(聚光器)**，安装在镜台下由一系列透镜构成。聚光镜将光线聚成一束强光，并将其送至镜台的开口处，如图3-3所示。聚光镜中安装一个类似光闸的组件，称之为**光阑**。调节光阑开关，使观察的视野多进一点光或少进一点光。大多数显微镜有粗调节螺旋和细调节螺旋。**粗调节螺旋**用于扫描或低倍镜使用，而**细调节螺旋**用于高倍镜和油镜使用。

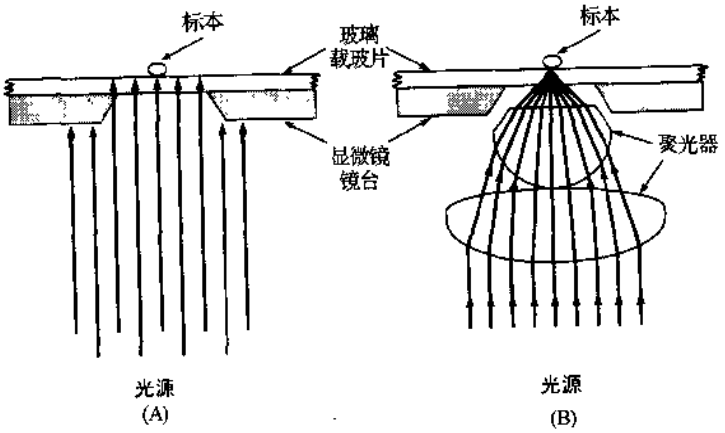


图3-3 台下聚光镜效果示意图。在光学显微镜下聚光镜将光线聚焦于物体上，增加照明度。(A)没有聚光镜，光线分散，看到的标本没有分辨率(清晰度)；(B)有聚光镜，光线聚集在标本上，分辨率(清晰度)增加，观察的标本完全照亮。

① n 为物体和物镜间介质的折射率，a 为光线投到物镜上的最大角度。——译者注

② $R=\frac{\lambda}{2n\sin(a/2)}=\frac{\lambda}{2NA}$。——译者注

③ 物镜的数值孔径。——译者注

3.15　与明视野显微镜相比，暗视野显微镜怎样？

暗视野显微镜(dark-field microscope)是安装有一个特殊聚光镜的复式显微镜。聚光镜直射光线在物体[①]，并让光线从聚光镜边缘部位斜射到标本。只有经物体反射和衍射的光线才能进入物镜。暗视野显微镜在整个视野背景上是暗的，而影像是明亮的，如图 3-4 所示。

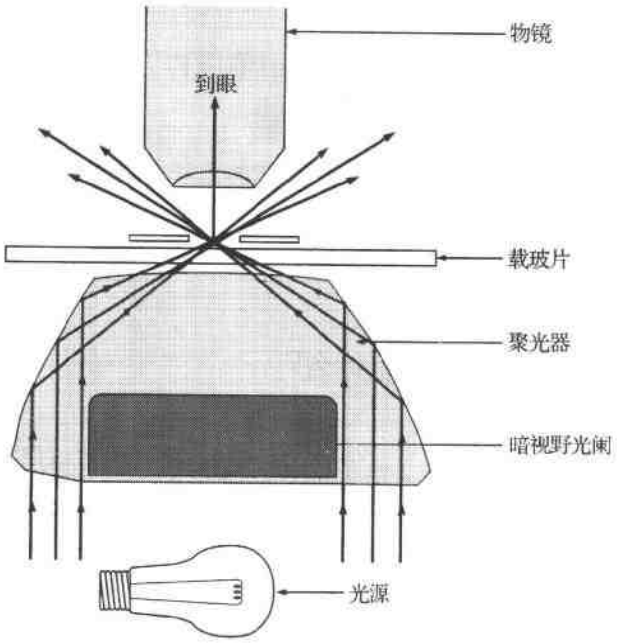


图 3-4　暗视野显微镜。在暗视野显微镜的聚光镜中安装一个暗视野光阑，光线只允许斜射至载玻片标本上。没有多少光线进入物镜，除了少数落在标本上的反射光线。所以在暗的背景上能看到标本。

3.16　什么情况下使用暗视野显微镜？

某些细菌如螺旋体用明视野显微镜不易观察到，但用暗视野显微镜，不用染色就很容易看到它们来回运动。苍白密螺旋体(*Treponema pallidum*)，是梅毒的螺旋体，非常小的细菌，就是这样一种螺旋体的一个例子。这种疾病可由暗视野显微镜诊断，从感染病人皮肤上获得碎屑，将制成的标本放在暗视野显微镜下，不染色就可看到来回运动的、活的螺旋体。

3.17　相差显微镜的特点是什么？

相差显微镜(phase contrast microscope)配备有特殊聚光镜[②]，使光形成散射光，从不同角度照射物体[③]，使人看到原来用普通光学显微镜看不清的细胞的细微结构。

3.18　微生物学中相差显微镜的意义？

酵母细胞如酿酒酵母，用相差显微镜可看到其内部的详细结构，如细胞核、细胞质、单细胞微生物的颗粒体。未经染色的标本，用相差显微镜比用其他显微镜观察得更仔细。酿酒酵母是在遗传工程研究中广泛使用的、携带更替基因的载体。相差显微镜对酵母菌形态学和生理学研究也是重要的。

---

① 挡板上。——译者注

② 环状光阑和相差板。——译者注

③ 使光形成直射光和衍射光，利用光的干涉现象，将光的相位差转变为人眼可以察觉的振幅差(明暗差)。——译者注

3.19 后来使用的荧光显微镜的基本原理是什么?

荧光显微镜(fluorescence microscope)是紫外线、荧光素、抗体分子(必要时)一起工作的显微镜。标本用荧光素(荧光染料)覆盖,紫外线直接照射标本。紫外线将荧光染料中的电子激发,使之呈高能量水平。然后电子返回到它们初发的能量水平时,通过发射不同颜色的光来释放额外的能量。这样观察时,在黑暗的背景下,微生物标本表现为**光**亮的有色物体。

3.20 在诊断实验室中,荧光显微镜的应用价值怎样?

荧光显微镜在诊断实验室中用于**荧光抗体试验**(fluorescence antibody test)。该试验目的是鉴定未知的微生物。抗体与已知种结合,用化学的方法将抗体与荧光素结合形成荧光素标记的抗体。将抗体与微生物混合,并将样品放在载玻片上。假如荧光素染料聚集在微生物表面,那么可以鉴定出微生物的名称,因为抗体的名称是已知的。假如没有荧光,表明没有积累发生,可用不同的抗体再进行测定。

3.21 电子显微镜超高频放大原理是什么?

电子显微镜(electron microscope),用一束电子作为它的能源,电子束的波长很短,能够检测(鉴别)极细微的物体,如病毒和分子。电子束电子通过标本上的物体产生偏转,传递到荧光屏上,在荧光屏上能观察到物体。采用极短波长的电子束,有助于使仪器获得可能高的分辨率。

3.22 微生物学中通常使用的两类电子显微镜是什么?

常使用的电子显微镜有两类:**透射电子显微镜**(transmission electron microscope, TEM)和**扫描电子显微镜**(scanning electron microscope, SEM)。两种显微镜使用目的不同,主要差别在于样品的制备和所观察细胞的构成成分。

3.23 阐述 TEM(透射电子显微镜)和 SEM(扫描电子显微镜)间明显差别。

TEM(透射电子显微镜)见图 3-5a,用细胞超薄切片,可看到细胞内部的详细结构如细胞核,如图 3-5b 所示。用 TEM 放大几万倍是可能的,微生物细胞的详细结构可清楚看到。扫描电子显微镜(SEM)是用于观察微生物表面结构的,如图 3-5b。它提供的是三维图像,放大几十倍或几十万倍。物体小至 50nm 能用扫描电子显微镜(SEM)观察,但物体比 50nm 更小,需用透射电子显微镜(TEM)观察。

3.24 微生物学中为什么必须采用染色方法?

细菌、真菌、原生动物和其他微生物的细胞质是透明的,不借助染色方法很难观察到这些微生物。

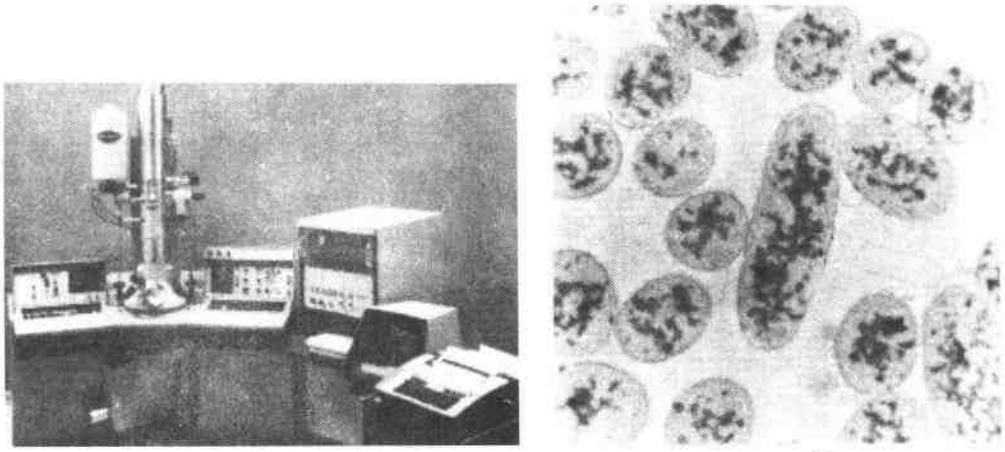
3.25 微生物学中采用的染色方法有几种类型?

染色方法可以是一步法,如简单染色法或负染色法;也可以是多步法,如革兰氏染色法或抗酸染色法。多步法[①]通常可获得有关微生物的某些信息,便于看清它们。还有微生物特殊结构的染色方法,如鞭毛、荚膜、芽孢染色法。

3.26 染色前怎样进行微生物制片?

染色前,一般将微生物在载玻片上涂布,干燥后的涂片经**热固定**(heat fixing)。热固定的

① 有鉴别染色和特殊染色两种。——译者注



(A)　　(B)

图 3-5　(A)透射电子显微镜电场电压 100kV 操作时，能放大十几万倍；(B)细菌超薄切片透射电子显微镜照片，染色示细胞中核酸。(经 American Society for Microbiology Journals Division 许可使用。)

目的主要使微生物牢固黏附于玻璃载玻片上，加热也能杀死任何可能存活的微生物。染色前制片的准备工作，亦可增加细胞壁和细胞膜对染料的渗透力。

3.27　简单染色法的生化原理是什么?

大多数微生物的细胞质全部带负电荷，**简单染色法**(simple stain procedure)染色时采用已知的、带正电荷的碱性染料，如美蓝、结晶紫、番红。染料适用于热固定的涂片，染料与菌体细胞质黏附使菌体着色。染色就这样发生了。

3.28　不使微生物菌体着色的染料能用于染色吗?

负染色法(negative stain procedure)中，采用酸性染料，如苯胺黑或刚果红。这种染料带负电荷，当与微生物混合时，菌体不着色，染料聚集在菌体表面。因此，着色的是微生物轮廓，微生物本身清晰，可在着色轮廓的内部观察到菌体。

3.29　什么是革兰氏染色法及其意义?

革兰氏染色法(Gram stain technique)是 19 世纪 80 年代[①]由 Christian Gram 创立的。Gram 发现依照染色反应，实质上可将细菌区分为两大类：革兰氏阳性菌(G^+)和革兰氏阴性菌(G^-)。因此，革兰氏染色法是细菌分类第一步的重要工具。

3.30　革兰氏染色方法原理是什么?

革兰氏染色原理是基于细菌细胞壁组成[②]的不同。革兰氏阴性菌细胞壁含有溶解于乙醇的脂类物质，而革兰氏阳性菌缺少脂类，因此革兰氏阳性菌保留所用的结晶紫与碘的复合物。

3.31　在微生物学实验室中革兰氏染色步骤怎样进行?

实验室中涂片的细菌经热固定，用结晶紫初染 1 分钟，然后加碘液至涂片上媒染 1 分钟，倾去染液，洗涤至洗出液无色为止，此时所有细菌染成蓝紫色。乙醇脱色剂加到载玻片上，直到洗出的酒精液中紫色接近消失。此步革兰氏阴性菌丢失结晶紫染料，而革兰氏阳性菌保持染料颜色，仍然蓝紫色。第四步在涂片上滴加番红染液。革兰氏阴性菌接受染料，变成红橙色，而革兰氏阳性菌保持蓝紫色。上述步骤结束后，置显微镜下检查，细菌的颜色反映出革兰

① 1884 年。——译者注
② 成分和结构。——译者注

氏反应的结果。图 3-6 概述革兰氏染色步骤。

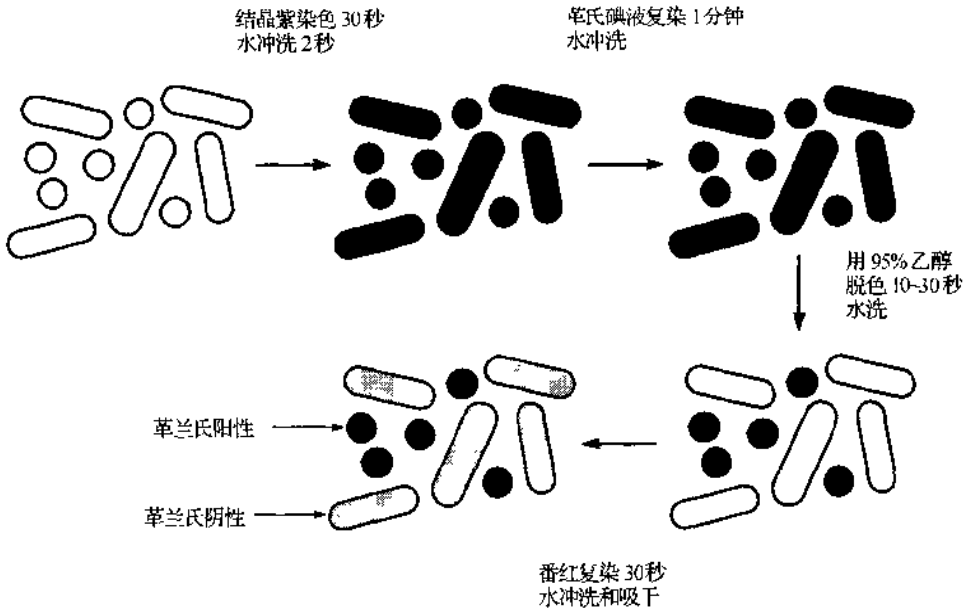


图 3-6 革兰氏染色法:第一步用结晶紫初染;第二步用碘液媒染。当用 95%酒精冲洗时,一些细菌被脱色,另一些细菌仍保持原来的颜色。脱色的细菌继续用番红复染。红橙色的是革兰氏阴性菌;而那些抗脱色的细菌是革兰氏阳性菌。

3.32 为什么革兰氏染色法称为鉴别染色法?

革兰氏染色法称为**鉴别染色法**(differential technique),因为通过这种染色方法,细菌分开或区别为两大类。相对照,简单染色法不能使细菌分类,并不是一个鉴别染色法。

3.33 革兰氏阳性菌有关的特性是哪些?

革兰氏阳性菌通常对青霉素敏感,为外毒素的生产者。它们对苯酚消毒剂敏感。包括的微生物有:炭疽芽孢杆菌(*Bacillus anthracis*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、酿脓链球菌(*Streptococcus pyogenes*)、破伤风梭菌(*Clostridium tetani*)和白喉棒杆菌(*Corynebacterium diphtheriae*)。

3.34 革兰氏阴性菌有关的特性是哪些?

革兰氏阴性菌通常对四环素类抗生素和氨基糖苷类抗生素敏感,如艮他霉素(gentamicin,即庆大霉素)、新霉素(neomycin)和卡那霉素(kanamycin)。它们也产生内毒素。它们对氯、碘和去污剂等消毒剂敏感。包括的微生物有:伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhi*)、索氏志贺氏菌(*Shigella sonnei*)、百日咳博德特氏菌(*Bordetella pertussis*)和鼠疫耶尔森氏菌(*Yersinia pestis*)。

3.35 除了革兰氏染色外,还有其他鉴别染色法吗?

另一个重要的鉴别染色法是**抗酸染色法**(acid-fast stain technique),此法将分枝杆菌属(*Mycobacterium*)菌种与其他细菌分开。所有细菌接受石炭酸品红初染。然后滴加盐酸乙醇液,除了分枝杆菌属的细菌外,所有细菌脱色变成无色透明。接着加美蓝染液复染,这些细菌染成蓝色,而分枝杆菌属的细菌保持石炭酸品红的红色。分枝杆菌属的某些种可引起结核病(tuber culosis)和麻风病,这种染色方法是有用的诊断学工具。

3.36　细菌的结构有特殊染色方法吗?

细菌结构有某些特殊的染色方法。**细菌鞭毛**(flagella)太小,只用简单染色法看不见。然而,用不稳定的鞣酸盐胶体悬浮液处理它们,使媒染剂沉淀在鞭毛上,从而可以确认鞭毛的存在和鞭毛着生及排列方式。通过 Welch 法(荚膜染色法)能够看到**荚膜**(capsule),这是一种负染色的变更方法,包括用硫酸铜洗去染料,维持荚膜的完整形态。用富尔根染色法(Feulgen staining)增大细菌的**拟核**(nucleoid,也称类核)。细菌的**芽孢**(spore)通过孔雀绿蒸气加热染色,也可观察到。

复　习　题

填空题　在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 明视野显微镜另一种替代的名称是_____。
2. 最常用于测量病毒直径的单位是_____。
3. 最小的细菌已知有三类:立克次氏体、衣原体和_____。
4. 1 米等于_____微米。
5. 原生动物中最大的、小袋虫病的病原体称为_____。
6. 单式显微镜有一个透镜系统,复式显微镜有_____。
7. 显微镜对很接近的两点最小距离的辨别能力称为_____。
8. 介质如空气或玻璃弯曲光线的能力称为_____。
9. 显微镜的组件称为聚光镜的是由一系列_____构成。
10. 显微镜中控制通过聚光镜光线量的、类似光闸组件的是_____。
11. 细菌中最常用暗视野显微镜观察的是_____。
12. 微生物中最常用相差显微镜研究的是_____。
13. 荧光显微镜中用于照射标本的能量类型是_____。
14. 电子显微镜中用一束电子是因为电子束有极其短的_____。
15. 电子显微镜的两种类型是透射电子显微镜和_____。
16. 细菌和微生物在显微镜镜检前必须染色,因为它们的细胞质通常是_____。
17. 显微技术中用的两个多步染色法是革兰氏染色法和_____。
18. 染色中携带正电荷的染料称为_____。
19. 革兰氏染色原理主要在于细菌的称为_____的一种结构。
20. 抗酸染色法特别用于检测_____属的菌种。

显微镜匹配题

_1. 用于观察病毒　　(a) 暗视野显微镜
_2. 使用紫外线　　(b) 相差显微镜
_3. 最小波长的能量　　(c) 明视野显微镜
_4. 使用抗体　　(d) 荧光显微镜
_5. 革兰氏染色结果观察　　(e) 电子显微镜
_6. 通过聚光镜光线分散
_7. 暗背景
_8. 染料聚集在微生物表面
_9. 可观察到螺旋体
_10. 酵母细胞观察

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 已知引起人类疾病的最小病原体是(　　)。 (a)原生动物 (b)细菌 (c)病毒 (d)立克次氏体
2. 测定显微镜系统的分辨率必须知道(　　)。 (a)目镜和物镜放大倍数 (b)聚光镜和光阑大小 (c)数值孔径和光波长 (d)显微镜工作距离
3. 与镜油折射率相同的物质为(　　)。 (a)空气 (b)玻璃 (c)细胞质 (d)水
4. 可通过下述(　　)方式最容易地鉴定出病人是否患有梅毒。 (a)明视野显微镜观察到螺旋体 (b)制备电子显微镜制片 (c)用革兰氏染色和明视野显微镜观察 (d)放碎屑于暗视野显微镜观察
5. 下面(　　)代表自小到大依次体积增加的微生物系列。 (a)真菌、病毒、细菌 (b)病毒、细菌、真菌 (c)原生动物、真菌、立克次氏体 (d)立克次氏体、病毒、原生动物
6. 微小RNA病毒是(　　)。 (a)最小的病毒 (b)最大的衣原体 (c)最大的酵母菌 (d)最小的真菌
7. 下面的染料(　　)用在革兰氏染色法中。 (a)美蓝和刚果红 (b)苯胺黑和石炭酸品红 (c)番红和结晶紫 (d)刚果红和美蓝
8. 鉴别染色法是一种(　　)。 (a)显示微生物的不同结构 (b)不同情况下采用 (c)将细菌划分成不同类型 (d)用于不同显微镜观察细菌
9. 对于(　　)患者抗酸染色法是一个重要的诊断工具。 (a)肺炎 (b)白喉 (c)结核 (d)脑(脊)膜炎
10. 下面所有染色法都适合于负染色法,除了(　　)之外。 (a)利用染料如苯胺黑 (b)微生物不着色 (c)微生物染色很深 (d)用酸性染料
11. 热固定的步骤在(　　)进行。 (a)染色前 (b)染色步骤结束前 (c)只有用多步染色法时 (d)只有用电子显微镜时
12. 透射电子显微镜比扫描电子显微镜更有价值,因为(　　)。 (a)透射电子显微镜可适用所有的标本 (b)透射电子显微镜的放大率可能较高 (c)细菌能用透射电子显微镜观察,不能用扫描电子显微镜观察 (d)透射电子显微镜不用电子
13. 相差显微镜观察(　　)是有价值的。(a)病毒 (b)立克次氏体 (c)衣原体 (d)酵母菌
14. 暗视野显微镜和明视野显微镜不同是由于暗视野显微镜有一个特殊的(　　)。 (a)目镜 (b)细调节螺旋 (c)聚光镜 (d)物镜
15. 一纳米等于(　　)。 (a)千分之一毫米 (b)千分之一米 (c)百万分之一米 (d)十亿分之一米
16. 革兰氏染色法乙醇脱色步骤后革兰氏阴性菌(　　)。 (a)呈现蓝紫色 (b)呈现红色 (c)呈现无色 (d)呈现深绿色
17. 大多数明视野显微镜可达到的放大率是(　　)。 (a)一万倍 (b)一千倍 (c)十万倍 (d)十倍
18. 显微镜的聚光镜承担(　　)。 (a)控制进入观察视野光的亮度 (b)减小玻璃的折射率 (c)放大物体 (d)使光线聚集成强束光
19. 荧光抗体法在(　　)上使用是有价值的。 (a)检查特殊微生物 (b)革兰氏染色法 (c)免除载玻片的热固定 (d)用于电子显微镜
20. 微生物学中采用染色技术,是由于(　　)。 (a)多数显微镜是劣质的 (b)微生物细胞质是透明的 (c)染色使电子偏差传播到载玻片上 (d)染色使得不需要显微镜的聚光镜和光阑

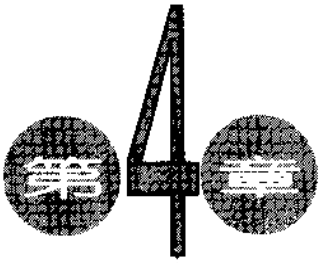
染色方法匹配题

__ 1. 染料不使细菌着色　　(a) 革兰氏染色法

__2. 用碘液
__3. 19 世纪 80 年代创建的
__4. 用石炭酸品红
__5. 用乙醇脱色剂
__6. 染色中微生物的轮廓
__7. 用碱性染料
__8. 酸性酒精脱色剂
__9. 所有细菌分成两类
__10. 分枝杆菌检查

(b) 抗酸染色法
(c) 简单染色法
(d) 负染色法

(林稚兰 译)



原核生物与真核生物

内　容

某些微生物属于原核生物，而另一些属于真核生物。原核生物和真核生物中的各种结构也在微生物中被发现。从微生物形态结构知识，可以看出其生理功能。本章内容是：

1. 原核生物与真核生物的区别，指出病毒不属于这两个类群的原因。
2. 细菌的大小和形状及细菌与任何变化无关的三种基本形态。
3. 细菌的运动和细菌鞭毛的不同形态。
4. 细菌纤毛、细胞壁和细胞膜的特性。
5. 原核生物细胞的细胞质组成成分和原核生物的遗传物质。
6. 细菌芽孢在芽孢菌生活周期中的重要性。
7. 真核生物细胞的关键结构和原核生物细胞结构比较。
8. 原核生物和真核生物细胞中分子跨细胞膜运动的方式。

原理和问题

4.1　相对于其他生物，微生物的特性怎么样？

像所有其他生物一样，微生物能被分为原核生物或真核生物。两类生物是根据电子显微镜观察到的细胞结构、亚细胞结构和超微结构不同而划分的。微生物中细菌是**原核生物**，而其他的微生物包括真菌、原生动物、单细胞藻类是真核生物。复杂的植物和动物也是真核生物。

4.2　哪些特征可用于区别真核生物与原核生物？

原核生物和真核生物有许多生理学和结构方面的差异。真核生物细胞有核膜包裹的细胞核(nucleus)以及如线粒体、高尔基体、内质网和溶酶体等**细胞器**(organelle)。相反，原核生物没有真正的细胞核(它们的遗传物质不是包裹在膜中的)，也没有细胞器。它们的**核糖体**(ribosome)比真核生物细胞中要小。在原核生物细胞里没有有丝分裂结构的迹象(纺锤体、赤道板和星状骨针)，而遗传物质（DNA）以单个、闭环的染色体形式存在。真核生物细胞有许多成对的染色体，染色体的结构特征包括有丝分裂。

4.3　原核生物和真核生物有相似之处吗？

原核生物和真核生物有共同特征，其中包括核酸和其他有机物质如蛋白质和糖类。此外，它们采用相似的代谢反应，如糖酵解和营养物运输的化学渗透以及能量和废物的产生。它们也表现出许多相同的生理特征，如运动、生殖，尽管生殖的方式和运动的器官可能不同。

4.4　病毒被认为是真核生物或原核生物吗？

不，病毒是非细胞，上述二类中没有适合它的类目。病毒是由核酸(DNA 或 RNA)片段和外而包裹的蛋白壳(衣壳粒)组成。它们不能自我复制或依靠它们自己执行代谢功能。

原核生物

4.5　微生物学中认为属于原核生物的主要类群是什么?

在生物五界分类系统中,原核生物组成**原核生物界**。原核生物界有细菌、蓝细菌和许多小形态的细菌如立克次氏体(rickettsiae)、衣原体(chlamydiae)和支原体(mycoplasmas)。这些细菌称为真细菌(Eubacteria)。和真细菌放在一起的也有丝状细菌、滑行细菌、鞘细菌和许多类似真菌的种类。原核生物中另一个大的类目是古细菌(Archaebacteria),它们被认为是地球上最早出现的一种生命形态。古细菌和其他许多细菌将在第 10 章中介绍。

4.6　细菌的大小和形状怎样?

最小的细菌衣原体,直径大约 0.2μm,而较大的细菌范围在 10～20μm 长(某些细菌甚至更大)。有三种基本形态:球状称为**球菌**(coccus,复数 cocci);杆状称为**杆菌**(bacillus,复数 bacilli);螺旋状、细胞壁坚硬的称为**螺菌**(spirillum,复数 spirilla)及细胞壁是可以弯曲的称为**螺旋体**(spirochete)。三种形态见图 4-1 所示。枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)是杆菌的一个例子,是一种普通革兰氏阳性、可形成芽孢的杆状细菌;酿脓链球菌是球菌的一个例子,是猩红热的病原体;小螺菌(*Spirillum minor*)是螺旋菌的一个例子,是鼠咬热的病原体;布氏疏螺旋体(*Borrelia burgdorferi*)是螺旋体的一个例子,引起莱姆病(莱姆氏疏螺旋体病)。

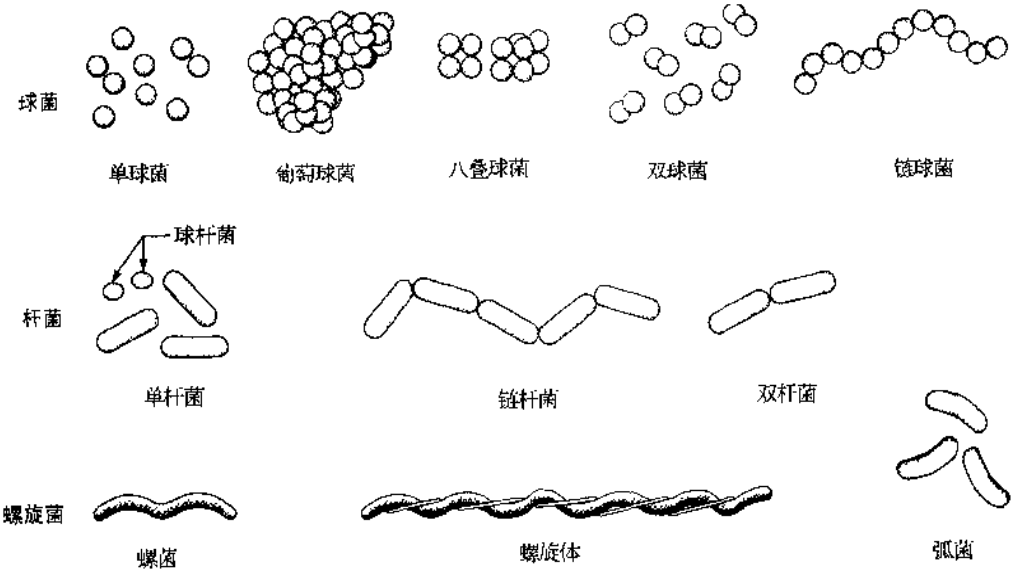


图 4-1　细菌的三种主要形态,基本形态中又有几种排列方式。

4.7　细菌除了三种基本形态外,还有其他形态变化吗?

杆状细菌形态没有任何特别的构型,虽然有时能看到一些链状杆菌。但是,球菌有几种变化。成对的球菌称**双球菌**(diplococci),如脑膜炎奈瑟氏球菌(*Neisseria meningitidies*),脑(脊)膜炎病原体;链状的球菌称链球菌(streptococci),如乳酸链球菌(*Streptococcus lactis*);一般在牛奶中发现;四个或八个类似立方体聚集的球菌称**八叠球**菌(sarcinae),如藤黄微球菌(*Micrococcus luteus*),是空气中传播的污染物。不规则球菌类似葡萄状聚簇称为葡**萄球菌**(staphylococcus),常称为"staph"。在螺旋的细菌中,有**螺菌**、**螺旋体**和不满一环、像逗号的**弧菌**(vibrio),如霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*),即霍乱病原体。最近几年,调查研究者们还报道了星状菌属(*Stella*)的星状细菌,三角形的和方形、扁平形细胞的盐盒菌属(*Haloarcula*)。

4.8　细菌形态是如何决定的?

所有细菌的形态都是由染色体上的遗传信息决定的。大多数细菌保持单个形状,称为**单型的**(monomorphic),改变形状、且有许多不同形态的细菌称为**多型的**(pleomorphic)。

4.9　细菌能够运动吗?假如可以,怎样运动?

细菌(和其他原核生物)能借助附属物**鞭毛**运动(图 4-2)。鞭毛是由球状蛋白的鞭毛蛋白(flagellin)组成的。它们极其细长,除非特殊染色,光学显微镜下看不到。但在电子显微镜下很容易看到。细菌的鞭毛通过旋转运动推动细菌运动。每一根鞭毛有三个基本部分:**鞭毛丝**(filament),伸在细胞壁之外的、长的、含鞭毛蛋白的纤丝;**鞭毛钩**(hook),由不同蛋白质组成,位于邻近鞭毛丝的基部;**基体**(basal body),固定鞭毛丝到细胞膜和细胞壁上,由一个同心环系和穿过这个环系中央的小杆组成(革兰氏阳性菌只有一对内环,而革兰氏阴性菌有内、外两对环)。

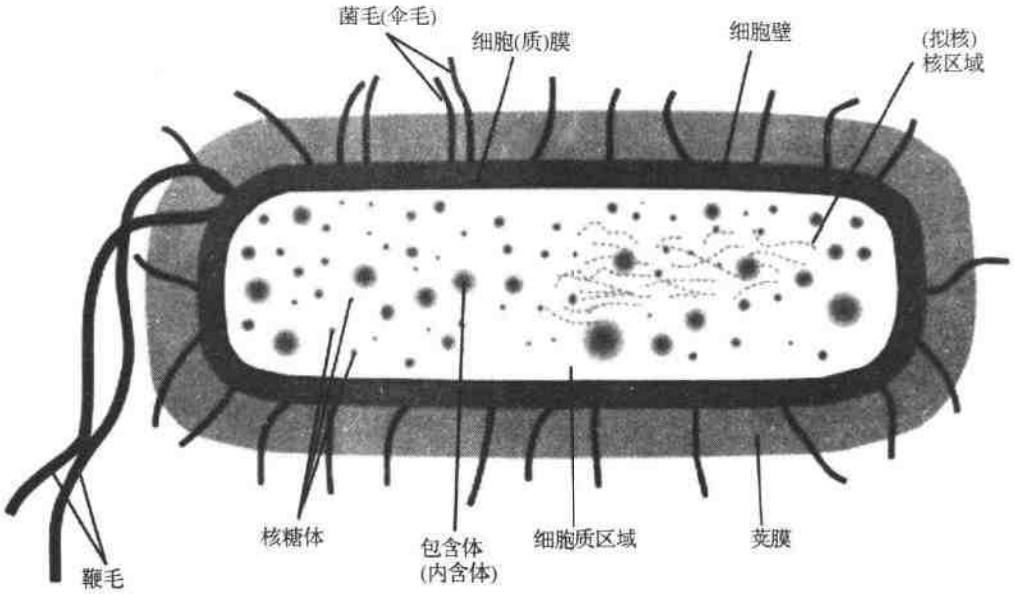


图 4-2　原核生物细胞构造示意图。图中未显示原核细胞中的所有结构,但某些结构如细胞膜、细胞质一般都是全的。

4.10　所有细菌都有同样类型的鞭毛吗?

不,鞭毛类型多种多样。一些细菌只有一根鞭毛,称**单鞭毛**(monotrichous)细菌;而另一些细菌,细胞的两端有鞭毛,称为**两端鞭毛**(amphitrichous)细菌;在细菌的一端有许多鞭毛,称为**丛鞭毛**(lophotrichous)细菌;鞭毛分布在整个细胞表面的称**周生鞭毛**(peritvichous)细菌。

4.11　所有细菌都有鞭毛吗?

并不是所有细菌都有鞭毛。例如,球菌中金黄色葡萄球菌很少有鞭毛,而且不能独立运动。当感染时,这些细菌不能主动地转移到身体的不同区域,当营养物在紧靠它们的区域稀少时,它们也不能运动到其他有营养物的地方。

4.12　细菌还有任何外部的细胞结构吗?

在某些细菌中能够形成由多糖和蛋白质构成的黏的、胶状层称作**荚膜**(capsule)。荚膜保

护细菌抵御环境的变化，而且形成一层屏障，对抗如药物、抗生素和其他化学物质。荚膜对细菌有利，常常在一些病原菌（引起疾病）中发现，如肺炎链球菌（*Streptococcus pneumoniae*），是细菌性肺炎的病原体。荚膜与细胞表面结合较松弛、且扩散至培养基中，称为**糖萼**（glycocalyx）或黏液层（slime layer）。

4.13　什么是菌毛？许多细菌都有吗？

许多细菌，尤其是革兰氏阴性菌有短的、类似头发的附属物，称作**菌毛**（pili），也称为**伞毛**、**纤毛**（fimbriae）。菌毛由蛋白质组成。菌毛在许多致病菌中发现，它们赋予细菌黏附表面的能力。某些菌毛称为**性菌毛**（sex pili）或称性丝，有遗传转移的功能，菌毛将邻近的两个细胞连接，染色体或质粒发生转移。

4.14　所有细菌都有细胞壁吗？

大多数细菌和其他原核生物明显的特性之一是有独特的细胞壁。构成细菌细胞壁的化学成分在真核生物的细胞壁中没有发现。它是一个坚硬的结构，赋予细菌一定的形状，如图4-3所示。没有细胞壁的细菌只有**支原体**，如肺炎支原体，是非典型性肺炎的最初病原体。

4.15　细菌细胞壁中的独特成分是什么？

细菌细胞壁含有的大分子称为**肽聚糖**（peptidoglycn），肽聚糖是由 ***N*-乙酰胞壁酸**（*N*-acetylmuramic acid）和 ***N*-乙酰葡萄糖胺**（*N*-acetylglucosamine）以及许多氨基酸链所组成的多糖。革兰氏阳性菌的细胞壁含有多层肽聚糖及另一种称作**磷壁酸**（teichoic acid）的有机物质。革兰氏阴性菌中，只有一薄层肽**聚糖**，在肽**聚糖**层外面还有一层外膜和内膜。革兰氏阴性菌中肽**聚**糖与**脂**蛋**白**（lipoprotein）连结，革兰氏阳性菌细胞壁中没有连结肽聚糖的脂蛋白。

4.16　原核生物细胞膜结构怎样？

细胞膜（cell membrane）常称作**质膜**（plasma membrane）或**细胞质膜**（cytoplasmic membrane）。原核生物细胞与真核生物细胞的细胞膜相似。是中间夹着一层空间的两层结构。磷脂分子平行排列而构成磷脂双分子层。磷脂双分子层的外表面和内表面是磷脂基和甘油分子组成的极性头。疏水性脂肪酸的非极性尾位于双分子层的内部。

4.17　细胞膜中有蛋白质吗？

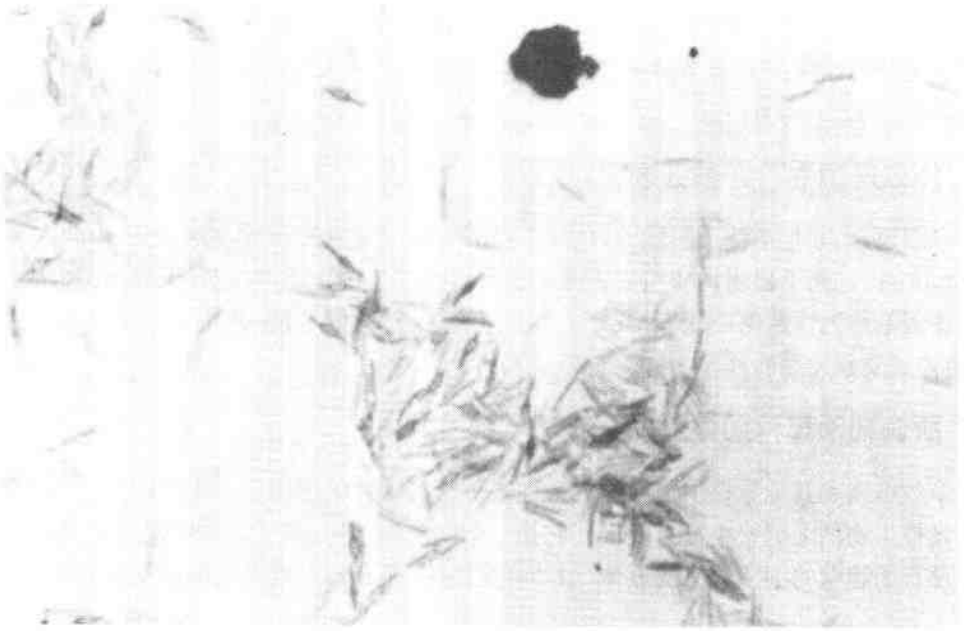
细胞膜中含有的蛋白质分子以不同方式排列。例如，某些蛋白质分子在膜的表面，另一些则从外膜至内膜贯穿于双分子层中。膜上还有一些具酶功能的蛋白质，而另一些为抑制蛋白质。多数结合糖类分子的是糖蛋白。蛋白质分子可在磷脂双分子层中自由运动，看起来细胞膜像是连续不断变化的。因此，将细胞膜描述为**流动镶嵌模型**（fluid mosaic model），如图4-4所示。

4.18　细胞膜的重要作用是什么？

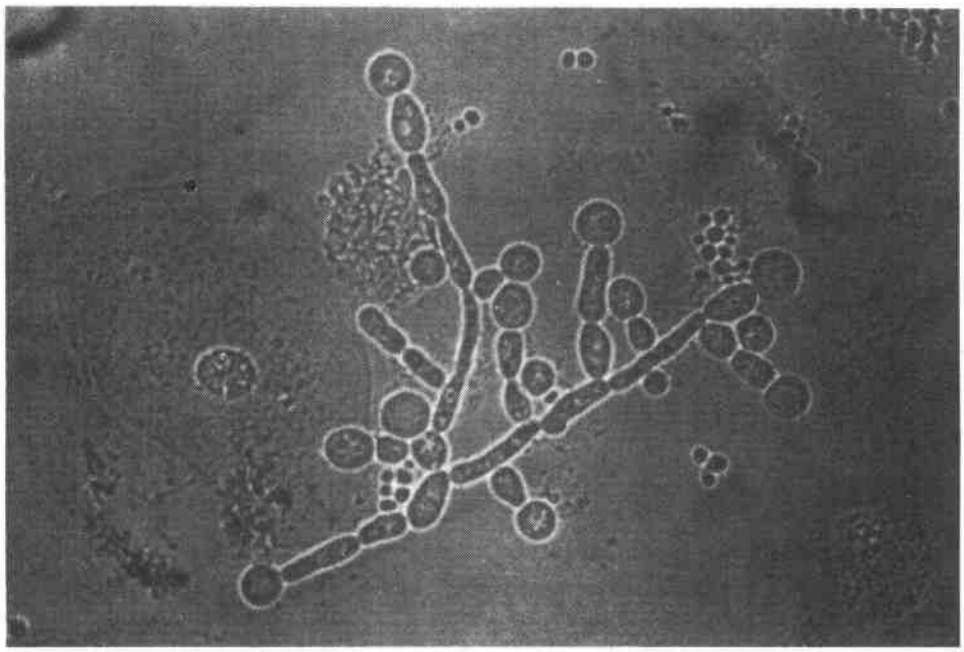
细胞膜有几种重要功能，其中之一是在细胞质与外界环境间提供一个半渗透性屏障。因此某些物质穿过膜，某些物质被阻挡。例如，脂溶性物质比不溶于脂的离子更易进入细胞。另外，原核生物细胞呼吸酶位子细胞膜上。细菌中光合作用的酶和色素也位于细胞膜上。

4.19　原核生物和真核生物细胞中物质是怎样跨膜运动的？

原核生物和真核生物细胞中营养物质跨膜有几种方法：**单纯扩散**（simple diffusion）顺浓度梯度，可溶性分子穿过膜时只能从浓度高的区域到浓度低的区域。**促进扩散**（facilitated dif-



(A)



(B)

图 4-3　原核生物和真核生物细胞。(A) 光学显微镜所见细菌染色涂片(×1000),细菌是相当简单的原核生物细胞,内部结构很少,某些细菌有肿胀状态的芽孢;(B)光学显微镜下酵母菌的白假丝酵母(*Candida albicans*)的观察(×1000).这种真核生物相当大,有明显的内部结构。细胞的链增长成环,卵形细胞在链的顶端。

fusion)分子也从高浓度梯度到低浓度梯度运动,但膜上有载体蛋白帮助这种运输。

4.20　什么情况采用渗透方式作为膜运动的一种类型?

渗透(osmosis)是扩散的一种类型,水分子从溶质分子低的浓度区通过选择性渗透膜向溶质分子高的浓度区运动(促进水运动的压力称为**渗透压**)。假如细胞外面特定溶质浓度与细胞内它的浓度相等,水不运动。这样的浓度称为**等渗的**(isotonic)。但是,假如细胞外环境中特定溶质浓度比细胞内高,水将运动出细胞外。这样的溶液称**高渗的**(hypertonic)。假如

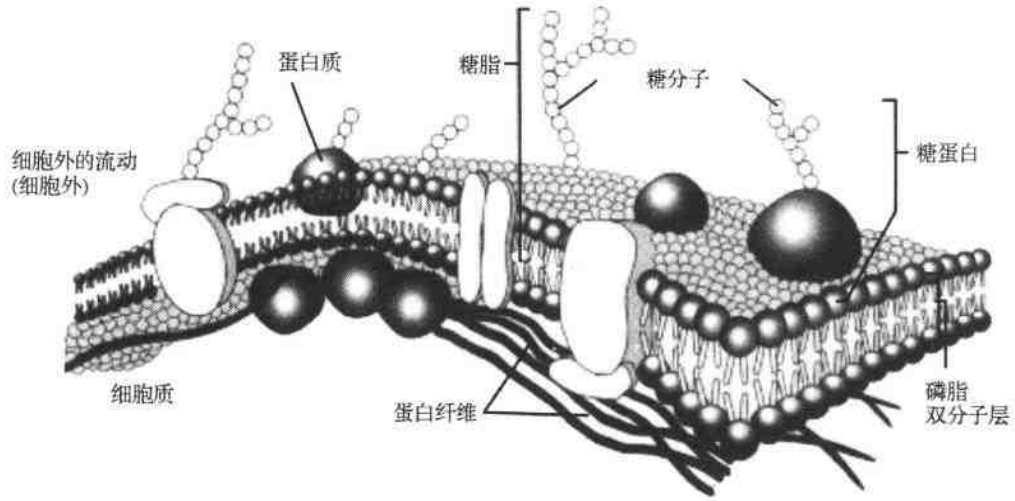


图 4－4　细胞膜流动镶嵌模型。磷脂双分子层构成细胞膜的最大部分，各种类型蛋白分子在脂双层中自由运动。

特定溶质的浓度比细胞质中浓度低，水分子进入原核生物细胞。这样的溶液称为**低渗的**(hypotonic)。

4.21　跨膜转运时分子有抗浓度梯度运动的情况吗?

有些情况分子将会抗浓度梯度(或逆浓度梯度)运动至已有特定分子高浓度的区域。这种运动称为**主动转运**(active transport)。与扩散的被动转运和渗透相反，主动转运是依赖于载体蛋白和 ATP 利用能量的过程。大多数情况，它使细胞外环境中的分子进入细胞。

4.22　原核生物与真核生物细胞质有很大区别吗?

原核生物的**细胞质**(cytoplasm)与真核生物的细胞质基本相似。细胞质中含有大约 80% 水分，还有蛋白质、糖类、脂类、离子和有机与无机化合物。但原核生物细胞质中没有细胞器，其他差别在 DNA、核糖体和其他小体上。而且，在原核生物的细胞质中没有微管和微丝构成的细胞骨架。

4.23　原核生物细胞有细胞核吗?

原核生物细胞没有一个传统意义上的核。但有一个单个、长的、闭环构型的**染色体**(chromosome)。染色体由双链 DNA 构成，比细胞长许多倍。染色体紧密压缩在细胞质的一个称作**拟核**的区域。当原核生物细胞裂开时，如通过溶菌酶活动，使 DNA 流出细胞且散在周围。不像真核生物细胞那样，原核生物细胞染色体复制与细胞分裂不同步，所以细胞有两个或更多个拷贝的染色体。

4.24　实验室光学显微镜观察拟核是什么形态?

拟核是长的、螺旋的或哑铃形的，依微生物种而定。它位于细胞质的一个区域，用电子显微镜可见到它们。

4.25　原核生物细胞中除了拟核之外，其他部位还有 DNA 吗?

原核生物如细菌的细胞质中有小的、环状、双螺旋的 DNA 称作**质粒**(plasmid)。研究者们认为质粒含有几个对细胞生理和遗传并非必需的基因。例如，抗生素抗性基因或产毒基因。抗生素抗性基因中，质粒可编码分解抗生素的酶，如青霉素酶，能在青霉素合成前中断其合成，

降解青霉素分子。质粒被应用在遗传工程中。在构成 DNA 片段时，质粒先被打开、接受新的遗传信息，然后再关闭，重组质粒再转化至新的细菌细胞、基因获得表达，合成新的蛋白质。

4.26 原核生物细胞中核糖体位置在哪里?

原核生物细胞中，**核糖体**是蛋白质合成的场所，游离在细胞质中，而真核生物细胞的核糖体游离或分布在内质网上。

4.27 原核生物与真核生物核糖体大小有差异吗?

原核生物细胞的核糖体比真核生物核糖体小，原核生物的核糖体为 70S 单位，真核生物的核糖体为 80S 单位[S 单位(Svedberg unit)，是用超速离心沉降速率表示的]。两类核糖体均有两个由蛋白质和 RNA 构成的亚基。

4.28 原核生物细胞中发现的包含体是什么?

包含体(inclusion body)是各类超显微的小体。原核生物细胞中**包**含体有多糖类、脂类、硫、磷酸或其他细胞生物化学所需要的重要物质。

4.29 实验室显微镜中能观察到包含体吗?

某些场合，用某些染料染色的包含体通过显微镜制片可以观察。例如，在引起白喉的病菌中有典型的磷酸盐包含体称为**异染粒**(metachromatic granule)。用某些染料可将这些颗粒染成鲜红色，常常作为白喉棒杆菌的鉴定标志。

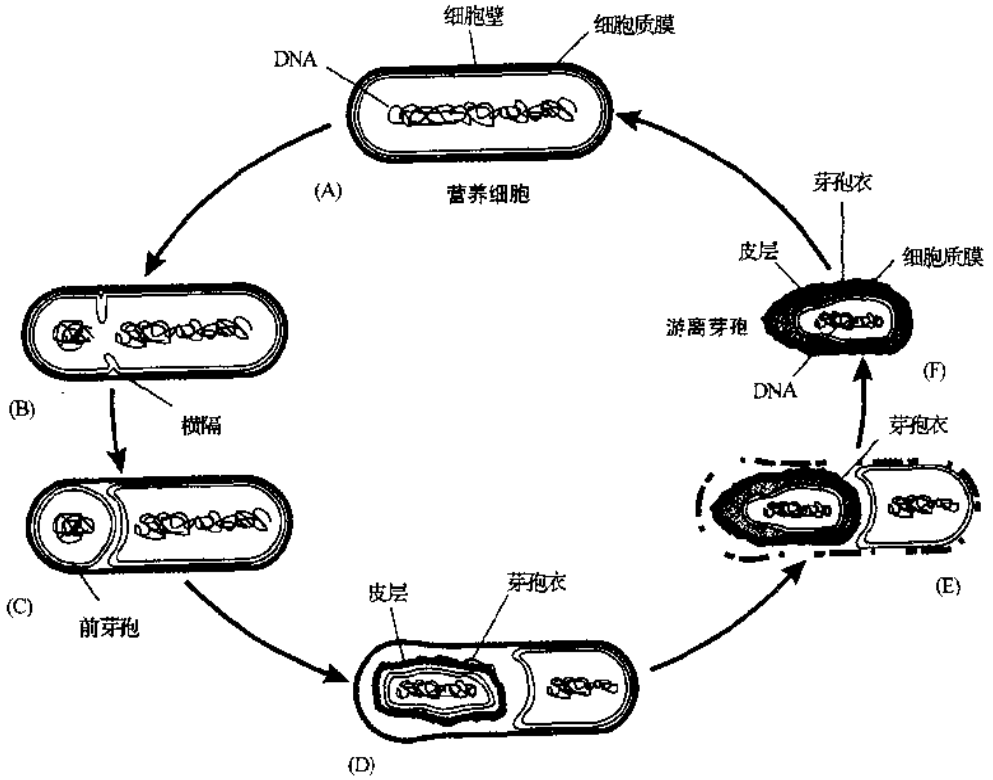


图 4-5 某些种细菌细胞中芽孢形成过程。(A)营养细胞的 DNA 复制和拉长；(B)染色体凝聚在细胞的一端，开始形成横隔；(C)横隔已经形成，前芽孢与细胞其余部分切断；(D)在前芽孢周围形成皮层和芽孢衣；(E)芽孢壁合成完成，形成成熟的芽孢；(F)芽孢游离，与营养细胞分离，可以看到未封闭的芽孢外壳[①]。

① 芽孢囊裂解，芽孢游离。——译者注

4.30　原核生物细胞有特别的方法抵抗环境变化吗?

某些种类的原核生物能够形成高度抗性的结构称为**内生孢子**(endospore),也称**芽孢**(spore)。芽孢杆菌属(*Bacillus*)和梭菌属(*Clostridium*)的成员以形成芽孢能力著称。这些微生物平常以营养细胞生长和繁殖,但当环境条件不适宜时,每个细胞回复成为一个芽孢。

4.31　芽孢在细菌细胞中是怎么形成的?

芽孢(sporulation)形成时,细胞中的 DNA 和少量细胞质聚集在细胞的一端,如图 4-5 所示。梭菌属的细菌,通常芽孢在细胞的一端形成,这种情况称为**端生芽孢**(terminal sporulation),而芽孢杆菌属的细菌,通常在中央形成,称**中生芽孢**(central sporulation)。在原始的芽孢外面,有多层芽孢壳,形成多层保护层对抗环境的变动。

4.32　细菌芽孢对环境条件抗性怎样?

细菌芽孢为自然界中已知具有最大抗性的一种生命形态。它们具有抗热(沸水温度)、抗干旱、抗消毒剂、抗抗生素和其他许多药物的能力。杀灭芽孢必须用高压蒸汽灭菌法处理。在医学微生物中,芽孢是极其重要的,因为破伤风、肉毒中毒、气性坏疽和炭疽的病原体,能够形成芽孢并以芽孢进行传播。最近芽孢已经从几百万年前琥珀的样品中培养出来。

真核生物

4.33　哪些微生物是真核生物?

微生物中,原生动物、真菌和某些单细胞藻类(如硅藻和腰鞭毛藻)是真核生物。植物和动物也是真核生物。真核生物细胞传统上比原核生物细胞更大、更复杂。真核生物细胞一个显著特性是有一个真正的核和各种细胞器。

4.34　真核生物鞭毛具有怎样的结构?

像原核生物细胞一样,真核生物细胞有作为运动的附属物,称为鞭毛。真核生物鞭毛与原核生物鞭毛在构造和运动机理上有差别。真核生物细胞鞭毛呈"9+2"型,外围排列成一圈 9 对的微管与中心 2 根微管组成。真核生物的鞭毛以拍打式[①]运动,不像原核微生物鞭毛以旋转式运动。某些真核生物,特别是许多原生动物具有较短的、数目更多的、作为运动的结构称为**纤毛**(cilia)。纤毛类似鞭毛,有"9+2"型微管排列。

4.35　真核生物细胞壁化学组成是什么?

某些真核生物如真菌、藻类和植物的细胞有细胞壁。但是,真核生物细胞壁与原核生物细胞壁不同,不含肽聚糖。真菌细胞壁的主要成分是**几丁质**(chitin),即 *N*-乙酰葡萄糖胺单位的多聚体。藻类细胞壁由**纤维素**组成,像植物细胞壁中的多糖类一样。

4.36　原生动物细胞有细胞壁吗?

原生动物没有细胞壁。但是某些种原生动物外面被**表膜**(pellicle)所覆盖,表膜围住**丁**原生质膜。

4.37　真核生物的细胞膜与原核生物的细胞膜有什么不同?

真核生物与原核生物的细胞膜(也称质膜)在构造和功能上十分相似。流动液态镶嵌模型

① 挥鞭式。——译者注

也适合于真核生物细胞，但膜的蛋白质有差别。真核生物细胞膜还含有**固醇**(sterol)，一种复合脂类，细胞膜上有糖类组成的受体位点。

4.38 真核微生物与原核微生物的跨膜转运有区别吗?

真核生物细胞跨膜转运与原核生物细胞机制相同：单纯扩散、被动扩散、渗透和主动转运。另外，物质还可通过**胞吞作用**(endocytosis)带进细胞。在胞吞作用中，细胞膜包住一个颗粒或一滴液体，然后捕获吞入细胞质中。当摄入细胞的是颗粒状的物质，这种胞吞作用称为**吞噬作用**(phagocytosis)；当进入细胞的物质溶解于液体时，这种胞吞作用称为**胞饮作用**(pinocytosis)。胞吞作用也是像变形虫那样的生物的摄食方法。

4.39 真核生物细胞的细胞质内有细胞骨架吗? 这些细胞器的结构怎样?

真核生物细胞中有一个超显微棍棒形骨针组成的称为**微纤维**(microfilament)的复杂内部结构，超显微的圆桶称为**微管**(microtubule)。**细胞骨架**(cytoskeleton)是微纤维和微管共同组成的三维结构的细胞支架。细胞骨架对真核生物细胞具有维持形状、支持和帮助运输物质通过细胞质的功能。

4.40 真核生物细胞核是如何组成的?

如图 4-6 所示，真核生物**细胞核**通常是卵圆形或球形的，常常是最大的细胞结构。它由 DNA 和蛋白质组成，由两层膜的**核膜**(nuclear envelope)将细胞质与细胞核分开。核膜上的**核孔**允许细胞核与细胞质间进行物质交流。核内含有一个或数个显微小体称为**核仁**(nucleoli，单数 nucleolus)，是 rRNA(核糖体 RNA)合成场所。核仁悬浮在称为**核浆**(nucleoplasma)的核液中。

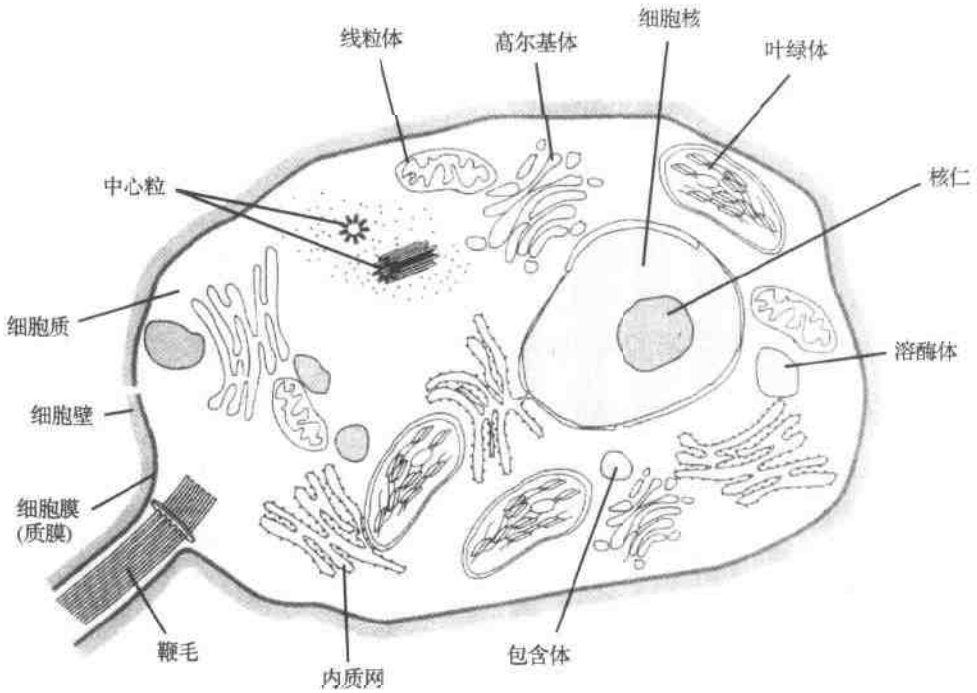


图 4-6 真核细胞主要细胞器和细胞构造模式图。注意细胞器相对大小和形状，每一细胞器有和其结构相一致的功能。

4.41 真核生物细胞核的主要物质是什么? 如何组装的?

真核生物细胞核的主要物质是无定形的物质称为**染色质**(chromatin)。染色质由 DNA 和

组蛋白组成类似丝状结构称为染色体。DNA 盘绕组蛋白构成**核小体**(nucleosome)。核小体连接在一起构成染色体。

4.42　真核生物细胞的内质网有哪些特征?

真核生物的细胞质中有一个双分子层的膜系统称为**内质网**(endoplasmic reticulum)。它与细胞膜和核膜相互连通,内质网是化学反应的场所。它提供分子在细胞内运输的途径,有些时候作为合成分子的储存场所。

4.43　真核生物细胞核糖体的位置在哪?

真核生物细胞中的核糖体,部分游离在细胞质中,但大多数是附着分布在内质网上。真核生物细胞的核糖体比原核生物细胞的核糖体稍大且致密,它们是氨基酸彼此连接合成蛋白质的部位。

4.44　真核生物细胞中高尔基体的功能是什么?

真核生物细胞的**高尔基体**(Golgi body)是类似膜囊的扁平膜系统。人们认为它们是由内质网衍生出来的,高尔基体是包装和分泌许多细胞蛋白和脂类的场所。它也是糖蛋白(糖类分子与蛋白质结合)形成的场所。

4.45　真核生物细胞的线粒体有哪些特征?

线粒体(mitochondrion)是腊肠状的、有称作**嵴**(cristae)的内膜的细胞器。嵴中有真核细胞能量代谢所需要的酶和糖助因子。因为能量代谢的主要部分在线粒体中产生,它被称为细胞的动力车间(powerhouse)。

4.46　在哪些真核生物中发现有叶绿体?它们有什么功能?

叶绿体(chloroplast)是在进行光合作用的真核生物细胞中发现的一个细胞器,如藻类和某些原生动物。叶绿体像线粒体一样,参与真核生物细胞的能量代谢。它是装载叶绿素和光合作用基本分子进行光合作用的细胞器。叶绿体膜称作**类囊体**(thylakoid),层层相叠的类囊体称为**基粒**(grana)。

4.47　溶酶体在真核生物细胞中怎样描述?有什么功能?

溶酶体(lysosome)是真核生物细胞质中囊泡状的、单层膜包裹的细胞器。它们含有细胞内外起消化作用的酶。例如,在胞吞作用发生后,溶酶体与食物颗粒结合,溶酶体的一些酶分解食物颗粒,然后释放出真核生物细胞所利用的营养物质。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 除(　　)之外,下面所有微生物都被认为是原核生物。　(a)细菌　(b)病毒　(c)衣原体　(d)支原体
2. 真核生物与原核生物差别在于(　　)。　(a)真核生物没有细胞器　(b)真核生物有一个单个染色体　(c)真核生物有细胞核及细胞器　(d)真核生物不能通过有丝分裂进行分裂
3. 原核生物与真核生物共同具有的特征是(　　)。　(a)同样的形状和大小　(b)同样的运动类型　(c)同样的有机化合物如蛋白质和糖类　(d)同样重量的核糖体
4. 大多数普通细菌中发现的三种基本形态为(　　)。　(a)三角形、方块形和长方形　(b)六角形、二十面体和螺旋线　(c)球状、螺旋状和杆状　(d)立方形、丝状体和长菱形

5. 细菌的形状取决于(　　)。 (a)它们染色体中含有的遗传物质 (b)它们细胞壁的构成成分 (c)是否形成芽孢 (d)它们细胞质中的细胞骨架位置
6. 细菌的鞭毛(　　)。 (a)所有细菌鞭毛数目相同 (b)由糖类组成 (c)只着生于细胞的一端 (d)由蛋白质组成
7. 肽聚糖物质是在(　　)。 (a)真核生物的核糖体 (b)细菌的细胞壁 (c)真核生物的染色体 (d)细菌的细胞膜
8. (　　)不是原核生物和真核生物的细胞物质跨膜运动的方法。 (a)主动转运 (b)促进扩散 (c)渗透 (d)翻译
9. 原核生物细胞的核糖体(　　)。 (a)在细胞核中 (b)在细胞质中游离 (c)在内质网上 (d)光学显微镜下可见
10. 线粒体被发现(　　)。 (a)在所有细菌中 (b)在所有原核生物的细胞中 (c)在原核生物的细胞核中 (d)在真核生物的细胞中
11. 真核生物细胞的高尔基体(　　)。 (a)是细胞的动力车间 (b)包装蛋白质和脂肪然后将其释放 (c)执行细胞的运动功能 (d)执行细胞的繁殖功能
12. 真核生物细胞胞吞作用过程允许(　　)。 (a)细胞运动 (b)分解糖类和释放能量 (c)物质送入细胞 (d)发生有丝分裂
13. 原核生物细胞 DNA 发现于(　　)。 (a)细胞膜和高尔基体 (b)染色体和质粒 (c)鞭毛和菌毛 (d)细胞壁和细胞膜
14. 流动镶嵌模型描述的是(　　)。 (a)原核生物染色体的物质 (b)真核生物鞭毛的结构 (c)原核生物荚膜的结构 (d)原核生物细胞膜的结构
15. 原核生物细胞膜的两个成分是(　　)。 (a)核酸和糖类 (b)ATP 和肽聚糖 (c)蛋白质和脂类 (d) DNA 和 RNA
16. 细菌中链状球菌称为(　　)。 (a)链球菌 (b)微球菌 (c)八叠球菌 (d)葡萄球菌
17. 革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌的细胞壁(　　)。 (a)是芽孢形成的位点 (b)二者含有肽聚糖 (c)通过内质网连接到细胞核 (d)由特异的蛋白质组成
18. 主动转运过程分子运动(　　)。 (a)顺浓度梯度 (b)与浓度梯度一致 (c)逆浓度梯度 (d)向低分子浓度区域
19. 原核生物细胞染色体形态为(　　)。 (a)长的线型构型 (b)X 构型 (c) C 型构型 (d)闭环构型
20. 真核生物细胞溶酶体含有(　　)。 (a)消化功能的酶 (b)光合作用的叶绿素分子 (c) ATP分子的仓库 (d)生物的染色体

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

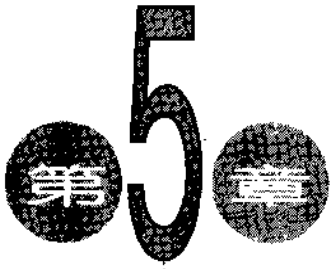
__1. 所有细菌都以五种基本形态中的不同形态出现。
__2. 原核生物与真核生物细胞膜结构是相同的。
__3. 原核生物与真核生物细胞质大约 80% 由 ATP 分子构成。
__4. 扩散过程分子从高浓度区向低浓度区跨膜运输。
__5. 真核生物细胞中的核糖体主要分布在内质网上。
__6. 原核生物细胞中的 DNA 发现在染色体和质粒中。
__7. 细菌鞭毛是由称为肽聚糖的糖类组成的。
__8. 病毒被认为是原核生物,因为它们具备全部原核生物的特征。
__9. 原核生物的呼吸酶类位于细胞膜上。
__10. 所有细菌都有细胞壁。
__11. 假如细菌外部环境中某种特定溶质浓度比细胞内高,水运动出胞外,外部环境称为高渗的。

__ 12. 所有真核生物都有一个细胞核。
__ 13. 杆菌属和梭菌属的成员以产生荚膜的能力而著称。
__ 14. 微生物中的原生动物、真菌和细菌被认为是真核生物。
__ 15. 真核生物的鞭毛由外围排列成一圈的九对微管和中心两根微管组成。
__ 16. 真菌细胞壁的主要成分是肽聚糖。
__ 17. 表膜是原生动物细胞外面发现的一层覆盖物。
__ 18. 真核生物的纤毛结构与原核生物细胞的鞭毛结构相同。
__ 19. 细菌芽孢是自然界中具最大抗性的一种生命形态。
__ 20. 原核生物细胞中还没有有丝分裂构型存在的证据。

填空题　在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 原核生物和真核生物的细胞膜模式构型称为_____。
2. 渗透是与_____分子运动有关的一种扩散类型。
3. 自然界中已知最大抗性的一种生命形态是细菌的_____。
4. 真菌细胞壁的主要成分是_____。
5. 细菌中不规则球菌聚簇的名字为_____。
6. 细菌荚膜没有硬度、且能流动时称为黏液层或_____。
7. 原核生物与真核生物的细胞膜含有两层平行排列的_____。
8. 原核生物细胞膜的生物功能之一是作为_____的位点。
9. 原核生物中在细胞新陈代谢有作用的核糖体是悬浮在_____中的。
10. 由形成芽孢的细菌引起的疾病有炭疽、气性坏疽、肉毒中毒和_____。
11. “9+2”型微管排列通常发现在微生物的鞭毛和_____中。
12. 真核生物细胞中核糖体附着在_____的表面。
13. 真核生物细胞中细胞核内有一个或数个称为核仁的小体，是合成_____的场所。
14. 摄入细胞的颗粒状物质的胞吞作用称为_____。
15. 分类地位属于真核微生物的有藻类、真菌和_____。
16. 细胞一端有许多鞭毛的那些细菌描述其鞭毛特征为_____。
17. 菌毛的另外一个名字为_____。
18. 被人们认为既不是真核生物，又不是原核生物，而能引起疾病的实体是_____。
19. 杆状形状的细菌称为_____。
20. 除了支原体外，所有细菌都有_____。

（林稚兰 译）



微生物的生长和培养

内　容

微生物中，生长指的是有机物质的积蓄和有机物转化成更多的生物量[①]。生长导致细胞体积扩大，接着一个细胞分裂成两个细胞。本章介绍微生物生长有关的规律和促进生长的条件。本章内容是：

1. 复习真核微生物和原核微生物中细胞分裂的类型，重点为有丝分裂阶段。
2. 阐述细菌的二分裂过程，注意其他繁殖方式(假如细菌不在二分裂后分离的话)。
3. 讨论微生物群体典型生长曲线的规律。
4. 各种类型微生物菌落的识别和活菌计数法。
5. 微生物生长的环境条件(与微生物生长有关的温度、气体和 pH)。
6. 讨论水和湿度对微生物生长的重要性。
7. 如何获得微生物的纯培养及实验室中各种类型微生物培养基的制备。
8. 介绍培养不同种类微生物的选择培养基，鉴别培养基和加富培养基。

原理和问题

5.1　所有微生物都能生长吗?

细菌、真菌、原生动物和藻类都表现生长的特征。虽然病毒也是微生物，但没有生长的模式，所以本章讨论的内容不适合病毒。许多微生物学家认为病毒是在活细胞中能进行增殖的颗粒。“病毒生长”是用词不当的说法。

细胞复制和群体生长

5.2　微生物中细胞分裂模式是什么?

微生物的细胞分裂有两种模式。真核生物中原生动物、真菌和单细胞藻类细胞分裂如图 5-1 所示的有丝分裂过程。相反，原核生物如细菌，未表现出与有丝分裂相联系的结构，这些微生物繁殖是二分裂的过程。

5.3　真核微生物有丝分裂的一般看法

有丝分裂过程，生物细胞核染色质的 DNA 以半保留复制方式进行复制。然后细胞分裂。细胞分裂过程与二分裂相似，但有丝分裂更复杂。

5.4　真核微生物有丝分裂早期阶段详尽的情况如何?

有丝分裂(mitosis)中，真核生物细胞核中的染色质物质 DNA 为无定形的集团。染色质物质凝集和出现成对的染色体。此阶段生物体的 DNA 进行复制，出现染色体组。核仁已经

① 生物体重量、体积、大小。——译者注

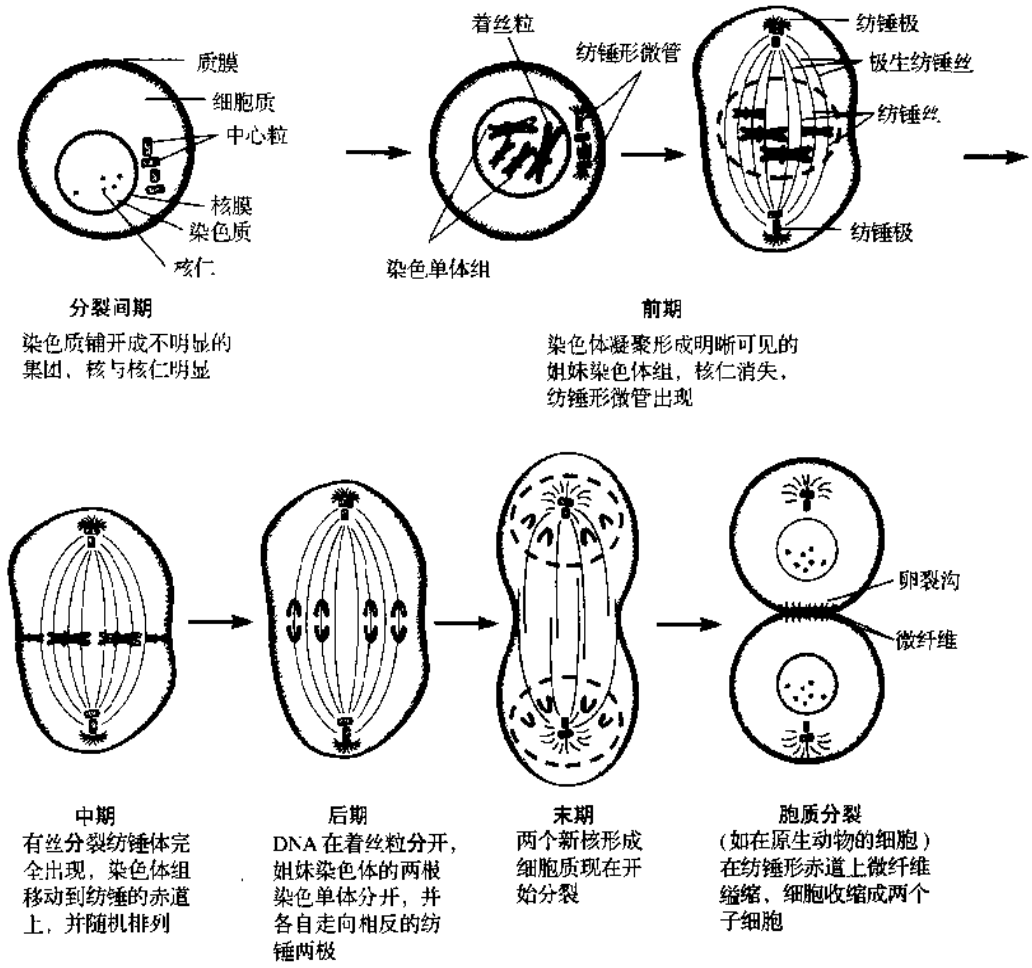


图 5－1　真核微生物如单细胞藻类、真菌和原生动物有丝分裂的过程。

消失，中心粒开始移向细胞相反的两极，并开始形成由微管组成的纺锤丝。这个时期称为**前期**(prophase)。接着进入**中期**(metaphase)。中期染色体移动到微生物细胞的赤道板上，从细胞相反的两极继续形成纺锤丝。染色体成对黏附在**着丝粒**(centromere)上，其中心位置称为**着丝点**(kinetochore)。在着丝点的 DNA 还没有复制。

5.5　真核微生物有丝分裂晚期阶段详尽的情况如何?

中期，纺锤丝黏附在染色体着丝粒的着丝点处。现在着丝点的 DNA 复制，染色体变成染色单体，下一阶段进入**后期**(anaphase)。这个时期，每一套染色单体各自由纺锤丝牵动走向细胞相反的两边。当染色单体向两极移动时，由微管组成的纺锤丝顺序分解。当染色单体到达两极时，它们再一次变成无定形的染色质集团。这个阶段是**末期**(telophase)。

5.6　有丝分裂后的胞质分裂包括哪几步?

胞质分裂(cytokinesis)指新细胞形成过程中的细胞质分裂。真核生物细胞中，胞质分裂包括在细胞中央部位细胞膜合成和细胞质分开形成两个子细胞。在子细胞中当核膜形成后，细胞的核仁再次出现。在真菌和单细胞藻类中，于细胞膜的区域，新的细胞壁也合成。

5.7　细菌二分裂时发生什么变化?

在原核生物细菌中，细胞分裂以图 5－2 所示的**二分裂**(binary fission)方式进行。细菌染

色体复制不久，细胞便开始二分裂。DNA 通常附着在细胞膜凹陷的部位[①]，以滚环机制复制。复制的染色体附着在细胞膜新的间体上，由于细胞膜的生长，使得两个染色体分离。此刻，细菌含两个染色单体的区域称为**拟核**。染色体分离，细胞壁和细胞膜开始形成**横隔**(transverse septum)。形成横隔壁后，两个新的子细胞分开。

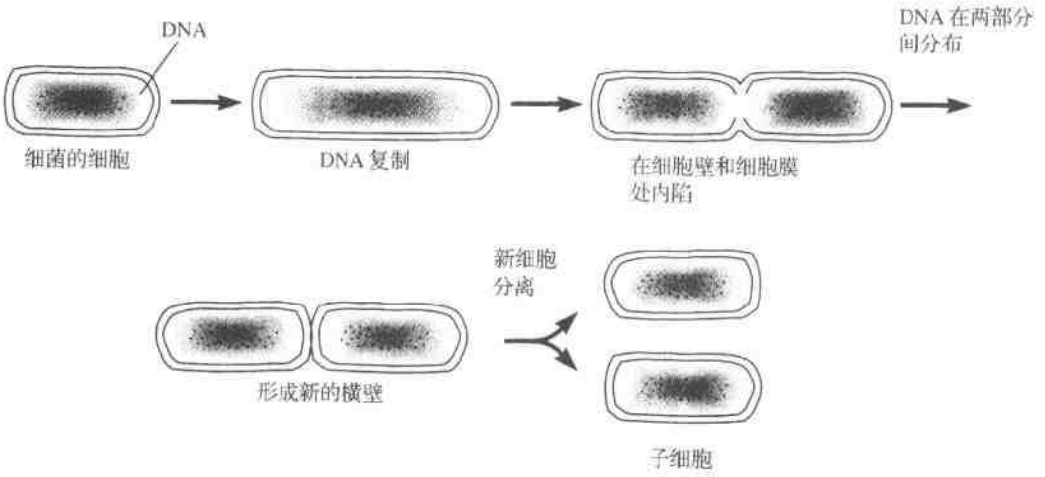


图 5-2　二分裂，原核生物如细菌的繁殖过程。

5.8　细胞分裂后细菌常分开吗?

细菌细胞分裂后不一定彼此分开，这取之于分裂后的平面。某些情况，细菌在同一个平面分裂并维持链状叫作**链球菌**；或它们以恰当的角度分裂形成四个或八个球菌立方体的叠堆，称作**八叠球菌**；或者它们以随机的平面方式分裂，形成类似葡萄状聚簇，称为**葡萄球菌**。

5.9　微生物中除有丝分裂和二分裂外，细胞分裂有其他形式吗?

酵母菌和一些细菌中，不是以二分裂或有丝分裂方式进行繁殖，而是用不同的繁殖方式。在此过程 DNA 复制，在生活细胞的表面外生长发育出一个新的细胞。这个小的细胞聚集了细胞核和细胞器(假如是真核生物的细胞)，发育长大，最后从母细胞脱离。这种繁殖过程称为**出芽**(budding)。

5.10　微生物细胞分裂还有一些什么不同?

不同微生物细胞分裂有不同的时间间隔。例如，真菌中细胞分裂发生在菌丝的顶端，菌丝体生长伸长到一定阶段产生新的细胞。原生动物中，细胞可每隔几小时或几天发生一次分裂。某些细菌的细胞分裂却经常发生。大肠杆菌中，细胞每 20～30 分钟分裂一次。细胞分裂之间的间隔时间称为**世代时间**(generation time)。

5.11　当把微生物接种到新鲜培养基时，微生物群体生长早期有几个时期?

当微生物接种到一个新鲜的生长环境(如培养基)时，微生物群体生长经历四个截然不同的生长时期。第一个时期，**迟缓期**(lag phase)，大约几小时。此时细胞体积增大，积累有机物和贮存大量生物合成所需的化学能如 ATP。下一个时期，**对数生长期**(logarithmic phase，log phase)，微生物进入快速分裂阶段，达到它们的世代时间，每一次世代时间中，群体都成倍增长，群体细胞数量呈对数增加或指数速率增加。

① 间体。——译者注

5.12　微生物群体生长晚期发生什么变化?

群体生长的第三个时期,**稳定生长期**(stationary phase)细胞分裂速度降低,老的细胞开始死亡。此时期,群体中活的细胞数目维持稳定。第四个时期,**衰亡期**(decline phase)环境改变使细胞存活困难,细胞死亡的速率超过细胞分裂的速率。群体数目急剧下降,假如环境应力没有逆转,群体可以完全消失。典型的生长曲线如图 5-3 所示。

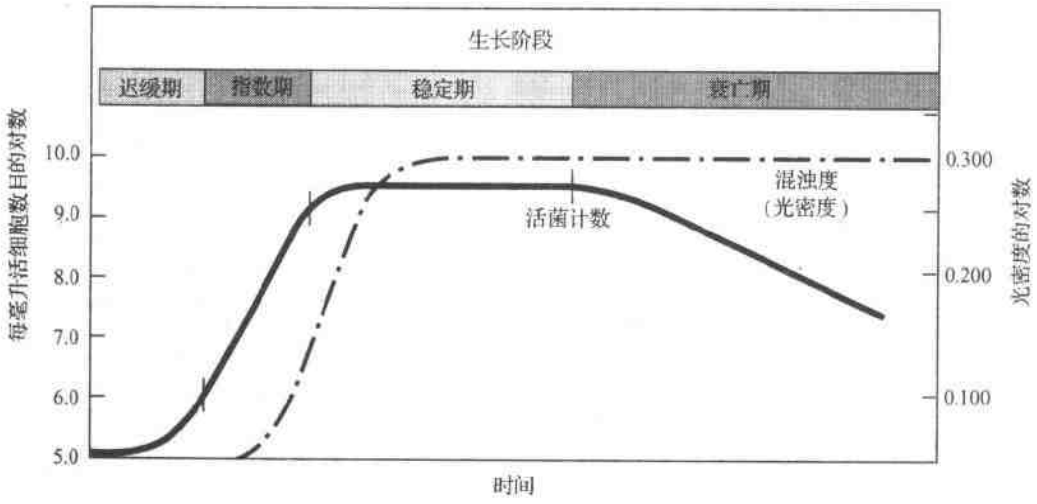


图 5-3　四个生长期的细菌群体生长曲线示意图。生长培养液混浊度用光密度表示。细菌衰亡的数目仍保持稳定,因死细胞也显示光密度。

5.13　微生物菌落是什么?

微生物如细菌在固体培养基平板上分裂生长形成肉眼可见的子细胞群,称为**菌落**(colony)。菌落数目如图 5-4 所示,一个菌落中的成员全都来自一个单个的祖先,细菌的菌落是遗传鉴定的依据,除非发生突变。从一个单个真菌的孢子形成的集团是一个**菌丝体**(mycelium),它代表一个真菌的菌落。

5.14　原生动物形成菌落吗?

除了福纳氏虫属(*Naegleria*)和棘变形虫属(*Acanthamoeba*)外,原生动物不能在固体培养基上培养,所以它们不能形成菌落。但是,在液体培养基中可培养出只由一种原生动物组成的培养物,称为无菌的培养物。

5.15　由细菌群体或细菌菌落如何测定细菌数目?

细菌菌落计数有几种方法,多数是在装有培养基的培养皿上绕圈子分散培养活菌。一般培养基内含有**琼脂**(agar),一种从海藻分离提取的多糖,没有任何营养价值,只起凝固培养基的作用。为了测定群体中细菌的数目,以无菌水或生理盐水制备细菌群体的稀释液,将预定量的菌悬液加在琼脂培养基平板上。保温培养时细菌形成菌落,测定特定稀释度菌悬液菌落数,从而返回计算原来群体中最初细菌的数目。这种方法称为**平板计数法**(plate count method)。

5.16　测定细菌群体数目还有其他方法吗?

细菌生长能采用直接**显微镜计数法**(microscopic count),此技术是把一定体积里的样品加到特制标定好的计数室如 Petroff-Hauser 计数室中。计算计数室的微生物数目,乘以所用样品的稀释倍数,可测定出原液所含菌数。这个方法也用于真菌孢子和原生动物的数量测定。

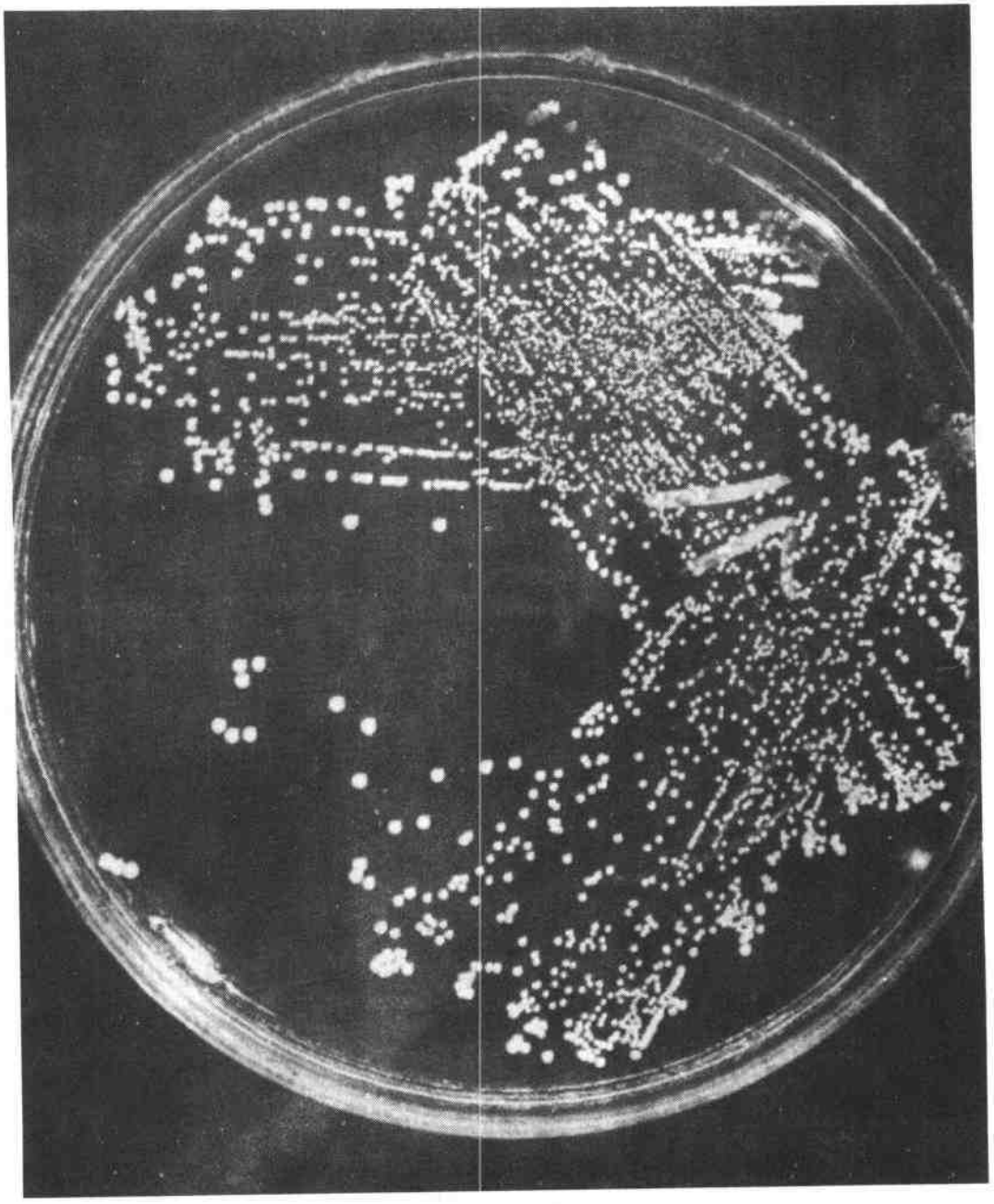


图 5-4　营养琼脂平板上细菌菌落。涂布平板法制备的平板。琼脂表面每一个肉眼可见的群体，皆来自一个单个的细菌。每一个菌落代表一个纯培养。

5.17　细菌数目所使用的最大可能数量实验是指什么?

通过**最大可能数量实验**(most probable number test)有可能测定细菌群体的数目。这是在统计学概率特定的适当范围内测定群体中细胞数目的估计量。最大机率数是通过观察、计算每个稀释度肉汤培养液中出现细菌生长的试管数和出现产生已知代谢改变如乳糖发酵产生气体的试管数。

5.18　如何采用滤膜法测定细菌数目?

细菌的数目也能用过滤已知一定量的液体的方法进行测定，在滤膜上截留细菌，将滤膜放在琼脂培养基的平板上，平板上将会形成菌落。这个试验采用**滤膜技术**(membrane filter technique)，使用特殊的培养基如伊红美蓝琼脂培养基(eosin methylene blue agar，EMB)或远

藤氏琼脂培养基(Endo agar)。计数细菌菌落数,从而得出原始菌悬液所含菌数。混浊度的测量也用于测定细菌数目,因为肉汤混浊度愈大,微生物群体数目也愈高。

生长的环境条件

5.19　哪些环境微生物能生活?

动物和植物倾向于局限在它们所生长的环境类型之中,但微生物却广泛生长在许多环境之中。例如,微生物可在冰或温泉、淡水或盐水、有氧或无氧、极酸性环境或极碱性环境中生长。微生物实质上可栖居在地球的所有环境之中。

5.20　微生物是限制在我们发现它们的特定环境中吗?

某些微生物只在特定环境条件下生长。科学家们称这些微生物是**专性的**(obligate)。另外一些微生物可在许多不同环境中存在,科学家们称其为**兼性的**(facultative)。

5.21　原生动物和真菌存活最适的温度是多少?

原生动物、真菌和单细胞藻类一般只在完全限定的环境温度下生存。例如,真菌和原生动物主要在接近室温、大约 25℃下生活。有许多原生动物和真菌在较高的温度 37℃下生活,这些微生物一般涉及人类的疾病。另外,还有许多真菌生活在冷的温度,如冰箱中发现的真菌为 5℃。霉菌在冷藏的一块食物上生长,就是真菌能够低温生长的证明。

5.22　细菌存活的最适温度是多少?

所有微生物中,细菌有最广泛的生长温度范围。它们能在低于 0℃或高于 100℃温度生长。

5.23　按照微生物生长的最适温度细菌分为哪几种类型?

按照它们生长的最适温度,可将细菌分为三个宽的类目,如图 5-5 所示。嗜冷的细菌或**嗜冷微生物**(psychrophile),生长最适温度 5～20℃,某些种微生物生长在冰上 0℃。嗜冷微生物已知可引起冷藏的食物酸败(如酸败的牛奶),但一般它们在人体的温度下不生长。第二类是嗜温细菌或**嗜温微生物**(mesophile)。这些细菌生长在 20～40℃温度之间,包括体温(37℃)生长的一些种。许多病原菌是这一类群的。最后一类是嗜热细菌或**嗜热微生物**(thermophile)。这些细菌生长温度在 40～80℃之间,某些耐热菌温度高达 110℃。许多嗜热微生物可在牛奶巴斯德灭菌的温度下生长和巴斯德灭菌过程存活。嗜热微生物在热泉、火山口和海洋底层火山出口处发现。许多古细菌是嗜热微生物。

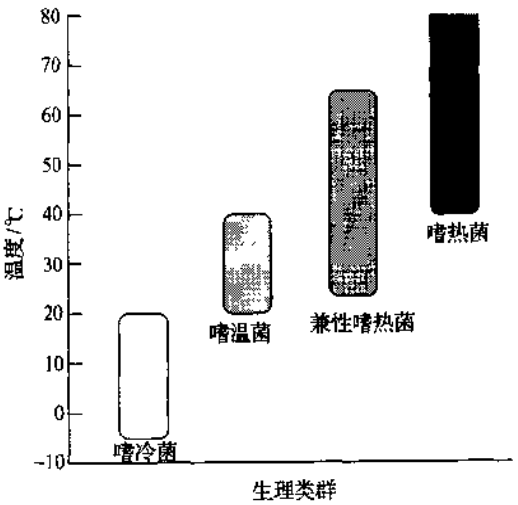


图 5-5　根据其所需温度排列的细菌生理类群。

5.24　所有细菌生长需要氧吗?

许多细菌是**好氧菌**(aerobic),也就是说它们生长和进行新陈代谢的生化反应需要氧。但是,细菌中有大量种是**厌氧菌**(anaerobic),在特别的除氧仪器中培养它们。这类细菌(称为厌氧菌)生活在无氧条件下,在沼泽地污泥的底层、地下掩埋的废物和仓库中可发现它们。一些厌氧菌是**专性厌氧菌**(obligate anaerobe),而另一些是**兼性厌氧菌**(faculative anaerobe),意味

着它们可在有氧或无氧环境中生活。

5.25 在氧含量低的气体中有细菌存活吗?

某些细菌称为**微好氧菌**(microacrophilic),这些细菌当有少量氧存在时生长最好。它们存在于人的尿道和消化道内,某些种可引起这些系统感染。许多微好氧菌代谢依赖二氧化碳。这些微生物称为**嗜二氧化碳细菌**(capnophile)。

5.26 微生物生长所需最适 pH 是什么?

pH 这个术语指的是微生物生长溶液酸度或碱度的水平;它的范围能从最酸水平 0 至中性水平 7.0 到最碱的水平 14.0。真菌生长最适 pH 在稍微酸性的条件,它们喜欢 pH5.0 的水平。原生动物倾向于生长最适 pH 接近中性(pH7.0)。细菌生长 pH 范围广泛。重要的是应注意微生物有一个最适的 pH,指在这个酸度或碱度水平生长最好。假如微生物要存活,酸碱度水平变化不可能超过一个单位。

5.27 各种类型细菌生长的 pH 范围?

不同种类细菌生长的 pH 范围广泛。某些细菌能够在 pH 0~5.0 的范围生长。这些细菌称为**嗜酸菌**(acidophile)。那些在 pH 5~8.5 的范围生长的称为**嗜中性菌**(neutrophile)。大多数人类病原菌是嗜中性菌。那些在 pH 7.0~11.5 的范围生长的称为**嗜碱菌**(alkalinophile)。许多土壤中的细菌生活在这些高 pH 环境中。

5.28 所有微生物的生长都需要一定湿度吗?

为了生长,如糖酵解的新陈代谢反应、化学渗透和蛋白质生物合成必须在微生物的细胞质中进行,而且整个这些化学反应必须在水中进行。因此,水环境是生长必需的条件。但是,许多微生物能在干旱(moisture-free)环境中存活,然而,它们不能在这些环境中生长。

5.29 哪一种微生物形态能在干旱的环境中存活?

真菌产生的**孢子**和某些原生动物产生的有抗性的**孢囊**(cyst)能在干旱的环境中存活。细菌可以产生在自然界中已知具最大抗性的结构细菌**芽孢**。细菌芽孢在极端环境中能存活几个世纪或更长时间。当把它们放在营养培养基上时,它们逆转为营养细胞,像正常的细菌细胞生长和繁殖。

5.30 还在哪些不寻常的环境条件下能找到微生物?

微生物能在地球上许多其他环境中发现。海洋中,就有上万种海洋微生物在盐水中旺盛生长。在深海底层,科学家们找到了**嗜压微生物**(barophile)。它们可在极强的水压下存活。微生物也能在辐射性很强的环境、极高渗透压的环境和异常大量盐的环境中发现。在高盐环境中生长的微生物和海洋中的微生物称为嗜盐微生物或**嗜盐菌**(halophile)。

实验室培养方法

5.31 实验室培养微生物有什么重要意义?

实验室培养微生物有许多理由。许多新陈代谢过程广泛应用微生物进行研究。第 6 章中讨论的许多新陈代谢过程,开始都是在微生物中发现的,后来发现皆适用于复杂的动物和植物。培养微生物也是传染病诊断中采取的必不可少的一种手段。而且,实验室中进行微生物的研究,可以创造机会研究如何中止微生物传播和控制微生物生长的方法。最后,实验室中通过对微生物新陈代谢的了解,可以开发出许多利用微生物生长的应用领域。

5.32　实验室中为什么要进行纯培养?

若要培养一种微生物,必须要采用纯培养的微生物。**纯培养**(pure culture)指只有一种微生物生长的培养物。其重要性在于,若两种或更多种微生物一起培养,就很难知晓是由哪种微生物产生的影响。假如需要诊断疾病,也不知道究竟哪种微生物对这种疾病负责。

5.33　如何获得纯培养?

纯培养是通过分离方法获得单个微生物,并让这一微生物生长形成一个菌落。真菌纯培养,通常指获得一个单个真菌的孢子,让孢子发芽产生菌丝体。细菌纯培养,即从混杂菌群中分离出单个细胞,然后使其二分裂。病毒必须培养在受精卵中(图 5-6),因为病毒需要在活的组织中增殖。

图 5-6　用病毒接种受精卵促进病毒的增殖。病毒只在活的组织细胞中增殖。

5.34　为获得细菌纯培养怎样进行平板划线分离?

细菌获得纯培养有两种方法。第一种方法用琼脂培养基的平板,称为**平板划线分离法**(streak plate method)。接种环黏取细菌,在琼脂平板表面划线,随着每一次划线细菌将被接种在平板上。接种环围绕平板移动连续划线,微生物细胞数量随着划线次数的增加而逐渐减少。最后,在平板表面将会形成少数及足够分离好的分散菌落。每一个菌落代表一个纯培养。

5.35　描述细菌获得纯培养的稀释倒平板法?

第二种方法称为**稀释倒平板法**(pour plate method)(图 5-7)。包括在几个液体琼脂培养基试管中系列稀释细菌样品。每管中细菌数目愈来愈少。然后将试管混菌琼脂培养基倾入空的培养皿中,在最少细菌的平板表面,将会形成分散的单个菌落最多。像前面叙述的一样,每一个菌落代表一个纯培养,一个菌落的样品可获得一种细菌。

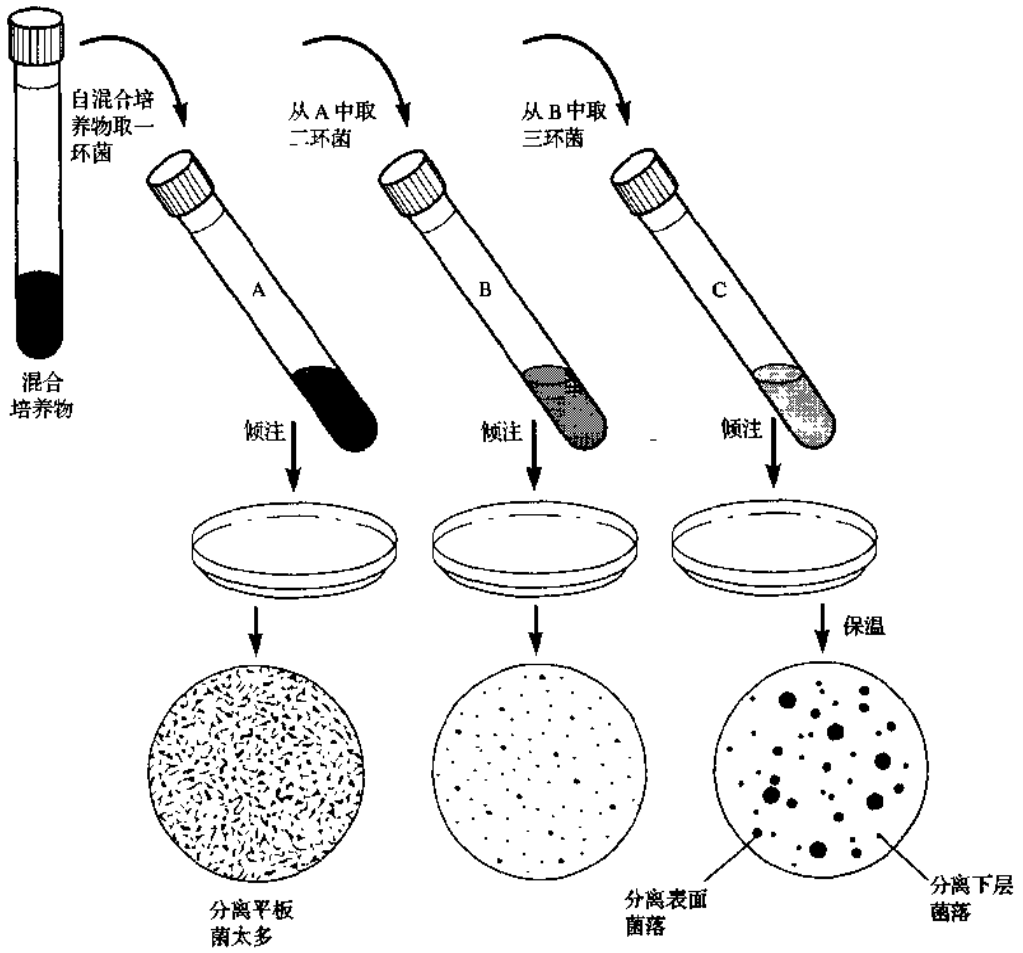


图 5-7 微生物学实验室中自混合培养物中分离细菌所采用的稀释倒平板法。

5.36 实验室微生物在哪种物质中生长?

原生动物一般在液体培养基(肉汤)中培养。相反,细菌和真菌能培养在含琼脂的固体培养基中。但也有一些例外,某些微生物如梅毒(苍白密螺旋体)和麻风病[麻风分枝杆菌(*Mycobacterium leprae*)]病原体从未在琼脂培养基培养过。这些细菌必须在活的动物体中培养。引起麻风病的杆菌在小鼠爪垫上培养。

5.37 实验室中采用两类培养基是什么?

实验室中培养微生物一般采用两类培养基。第一类称作**合成培养基**(synthetic medium),为精确定量配制而成的培养基,如氯化钠、磷酸钾、硫酸镁、氨基酸、葡萄糖、维生素和水。这种培养基中每个成分的性质和数量是已知的。这种培养基也称为**化学限定培养基**(chemically defined media)。第二种培养基称为**天然培养基**(natural medium),其中含有的营养源的每个成分的性质和数量是不确定的。这种培养基也称为**非化学限定培养基**(chemically non-defined medium)。该类培养基含有的物质如牛肉膏、叫做蛋白胨的大豆提取物和水。例如,**营养琼脂**(nutrient agar)是一种天然培养基。

5.38 培养某些种类微生物还有什么可用的培养基吗?

一些培养基称为**选择培养基**(selective media)。在选择培养基上,将让一种微生物生长,而排除其他种微生物。该类培养基可"检出"(select out)某一种微生物。**甘露醇盐琼脂**

(mannitol salt agar)就是一个例子。在该培养基上,葡萄球菌如金黄色葡萄球菌会很好生长,因为在含甘露醇的糖类高盐环境中该种细菌进行酒精发酵,其他微生物在高盐浓度下生长受到抑制。

5.39　在特殊培养基上鉴别细菌可能吗?

鉴别不同类型细菌的培养基称为**鉴别培养基**(differential medium)。在这类培养基上,不同细菌将表现出不同的特征。例如,在**麦氏琼脂**(MacConkey agar)上,一些发酵乳糖的细菌变红,由于它们吸收了中性红染料;不发酵乳糖的细菌,不吸收染料,保持无色。另外一个鉴别培养基是**伊红美蓝琼脂**(eosin methylene blue agar,EMB agar)。大肠杆菌在培养基上生长,吸收两种染料,产生带金属光泽深绿色菌落;其他细菌的菌落呈黏液状和紫红色。

5.40　实验室中培养基怎样加富?

某些细菌只有在培养基增加营养物条件下才能生长。**加富培养基**(enriched medium)的一个例子是**血琼脂**(blood agar),为了促进链球菌生长,在营养丰富琼脂如胰胨、豆胨琼脂上添加血液。链球菌中致病的菌种将分解血细胞并产生称为**溶血作用**(hemolysis)的现象。另外的加富培养基是**巧克力琼脂**(chocolate agar),血细胞在培养基上分布,培养基炭化转变成棕褐色,奈瑟氏球菌属(*Neisseria*)生长在这种加富培养基上。

5.41　实验室中哪种培养基广泛用来培养真菌?

培养真菌常用的培养基为**沙氏葡糖琼脂**(Sabouraud dextrose agar),它与马铃薯葡糖琼脂组成相似。此培养基具有淀粉和真菌与酵母菌喜欢的酸性 pH 值。

5.42　实验室中培养基用什么方法控制氧的含量?

培养基中提供好氧菌所需氧没有问题,因为琼脂培养基的上方含有生长适合的氧气。但是,对专性厌氧菌氧气一定要除去。一种结合氧的试剂如**巯基乙酸**(thioglycollic acid)能加到培养基中除去氧。另一种培养厌氧菌的方法是深层穿刺接种细菌到氧很少的培养基中。通过采用特殊的培养室也能建立厌氧的环境,室内通过用钯催化的化学反应和二氧化碳置换空气中的氧而达到。在高级的实验室中,厌氧室是能够培养厌氧细菌的。

5.43　实验室中如何培养微好氧菌?

微好氧菌需要一点氧气。放琼脂平板或琼脂试管于一个大的**烛罐**(candle jar)中,气体能被处置。点燃蜡烛,然后密封罐。燃烧的蜡烛从空气中耗尽氧气,再通入二氧化碳,因此,建立了一个微好氧的环境。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 嗜冷菌是指最适生长(　　)的细菌。　(a)在无氧环境　(b)在 pH8 或 8 以上　(c)在冷的温度　(d)只有病毒存在时
2. 微生物在干旱环境中存活是因为(　　)。　(a)形成芽孢　(b)只代谢葡萄糖分子　(c)没有细胞膜　(d)没有染色体
3. 甘露醇盐琼脂是培养基的一个例子,供养(　　)。　(a)只是病毒　(b)衣原体和立克次氏体　(c)原生动物和真菌　(d)只某些细菌
4. 实验室细菌培养基能够加富通过(　　)。　(a)添加 ATP　(b)添加血液　(c)添加包括培养基中的盐　(d)添加钾的水平

5. 称为微好氧菌的那些细菌能(　　)生长。 (a)在高浓度盐中 (b)在低浓度氧中 (c)没有 ATP 或葡萄糖 (d)只在有病毒时
6. 有丝分裂过程发生在(　　)。 (a)只在细菌中 (b)在病毒和细菌中 (c)在真核生物中 (d)只在化学限定培养基中
7. 所有微生物的世代时间(　　)。 (a)是不同 (b)在 30 分钟之内 (c)为 3 小时 (d)为 12 小时
8. 出芽的过程(　　)发生。 (a)主要在病毒中 (b)在形成分支的细菌中 (c)只在原生动物中 (d)在酵母菌中
9. 微生物的稳定生长期,(　　)。 (a)细胞分裂速率增加 (b)细胞分裂速率降低 (c)群体是在其最旺盛壮健的阶段 (d)群体是在其最少的阶段
10. 真菌和原生动物生活主要温度为(　　)。 (a)接近 100℃ (b)大约 50～60℃ (c)接近室温 (d)5～10℃之间
11. 人体病原菌生长的温度在(　　)。 (a)100℃以上 (b)体温 (c)像病毒一样的温度 (d)嗜热的温度
12. 纯培养是其中(　　)的培养物。 (a)只有一种微生物 (b)只有细菌生长所需的一种营养物 (c)除主要微生物外只有一种微生物 (d)没有代谢废物
13. 平板划线分离法需要下面所有的物品,除了(　　)之外。 (a)接种环 (b)琼脂培养基平板 (c)细菌的培养物 (d)电泳仪
14. 鉴别培养基是一种培养基,其中(　　)。 (a)真菌和病毒生长不同 (b)辨别两种不同的细菌 (c)有两种不同细菌所用不同的特殊营养物 (d)保温培养期采用两种不同的温度
15. 深层穿刺接种细菌到试管固体培养基中(　　)。 (a)提供厌氧菌生长条件 (b)除去代谢废物的一个机会 (c)增加氧气 (d)增加钾和钠离子的数目
16. 直接显微镜计数法用来测定下面所有微生物群体的数目,除了(　　)之外。 (a)原生动物 (b)真菌孢子 (c)细菌 (d)病毒
17. 嗜压微生物是指那些能够生长(　　)的微生物。 (a)在冷的温度下 (b)在高压下 (c)在高温下 (d)在高 pH 值下
18. 生活在 pH5～8.5 范围的那些微生物称为(　　)。 (a)嗜热微生物 (b)嗜温微生物 (c)嗜中性菌 (d)嗜二氧化碳的细菌
19. 为了下述目的微生物学中可以用滤膜,除了(　　)之外。 (a)从细菌中分离出病毒 (b)测定细菌数目 (c)从 ATP 分子分离出葡萄糖分子 (d)从原生动物分离出病毒
20. 二分裂过程大多数经常在(　　)中进行。 (a)病毒 (b)原生动物 (c)细菌 (d)真菌

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则替换划线的词进行更正。

__1. 在微生物生长的迟缓期,细胞快速分裂。
__2. 微生物中不表现生长特性的是病毒。
__3. 微生物细胞分裂之间所经历的间隔时间称为有丝分裂时间。
__4. 微生物菌落的成员全都来自一个单个细胞的祖先。
__5. 为了抵御干旱环境,某些原生动物产生芽孢。
__6. 嗜盐微生物是那些能够生活在高糖环境中的微生物。
__7. 在实验室中细菌不能形成菌落。
__8. 用来固化细菌培养基的多糖是琼脂。
__9. 为了进行新陈代谢反应,生物体内必须有一定量的水。
__10. 精确定量某些成分而配制的培养基是所有成分的性质和数量已知的培养基,称为天然培养基。

__ **11.** 巧克力琼脂是一种培养基上分布肾细胞的细菌学培养基。
__ **12.** 生长需要氧的那些细菌是好氧菌。
__ **13.** 真菌、原生动物和单细胞藻类中主要的繁殖方法是二分裂。
__ **14.** 出芽生殖过程在病毒中是可以普遍见到的。
__ **15.** 兼性微生物是能够生活在许多环境中的微生物。
__ **16.** 称为嗜碱菌的那些细菌是能够在 pH 7.0 以上生长的。
__ **17.** 大多数原生动物一般可在固体培养基上培养。
__ **18.** 在实验室里用的天然培养基的一个例子是营养琼脂培养基。
__ **19.** 真菌最适的生长条件是有点碱性的。
__ **20.** 微生物生长的衰亡期，细胞死亡速率超过细胞分裂速率。

匹配题

__ 1. 在海洋底层发现
__ 2. 喜欢高盐
__ 3. 生长在酸乳脂中
__ 4. 巴斯德灭菌存活
__ 5. 生活在高盐环境中
__ 6. 在高压下旺盛生长
__ 7. 生活在 pH 7.0
__ 8. 喜欢酸性环境
__ 9. 利用二氧化碳
__ 10. 生活在稍微有氧的环境

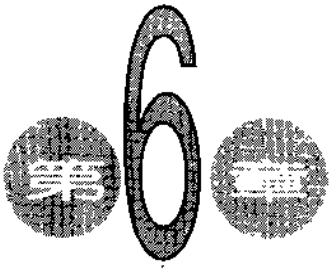
(a) 嗜压微生物
(b) 嗜中性菌
(c) 嗜盐菌
(d) 嗜热微生物
(e) 嗜酸菌
(f) 微好氧菌
(g) 嗜二氧化碳细菌

选择　根据下面所列的每一个特性，从四种类型微生物中选出一种。

__ 1. 生长最适 pH 是中性
__ 2. 能成为微好氧菌
__ 3. 二分裂法繁殖
__ 4. 不形成任何抗性结构
__ 5. 某些种类生长在甘露醇盐琼脂上
__ 6. 细胞分裂发生在菌丝的顶端
__ 7. 在实验室主要生长在液体环境中
__ 8. 某些重要的种厌氧生长
__ 9. 并不经历任何种类的细胞分裂
__ 10. 只在活的组织中增殖

(a) 病毒
(b) 细菌
(c) 真菌
(d) 原生动物

(林稚兰 译)



微生物的代谢

内　容

代谢是微生物生命活动的一个基本方面，新陈代谢和生长、繁殖、适应及其他因子一起用来定义微生物，同时提供了对微生物化学活动进行观察的途径。本章内容是：

1. 了解分解代谢和合成代谢主要过程，及它们如何构成微生物生命活动的基础。
2. 酶的显著特征及酶在代谢中的重要位置。
3. 注意微生物能量代谢中三磷酸腺苷（ATP）的重要性。
4. 学习糖酵解和三羧酸循环代谢途径，学习电子传递和化学渗透理论，了解微生物如何通过糖类分子获得能量。
5. 认识微生物能量代谢中氧作为最终电子受体的重要性。
6. 了解蛋白质和脂肪在微生物的生活中是怎样用作能源的。
7. 在能量化合物合成代谢中验明微生物光合作用的机制。
8. 学习光合作用中水作为电子供体的重要性，注意氧在这一过程中是如何产生的。

原理和问题

6.1　什么是新陈代谢？

代谢（metabolism）是发生在所有生物体内成千上万种化学反应的总称。除病毒之外，代谢是所有微生物、植物和动物的一个特征。

6.2　代谢再分成几个主要的范围？

代谢再分合成代谢与分解代谢。**合成代谢**（anabolism）是指细胞合成分子及细胞结构的全过程。它也称为生物合成。合成代谢一般是需要输入能量的一个构建过程。第二个主要的类型是分解代谢。**分解代谢**（catabolism）是指细胞分解大分子成较小分子的全过程。分解代谢一般来说是释放能量的过程。新陈代谢即合成代谢和分解代谢的总和。

6.3　细胞为什么必须要代谢？

代谢有助于生活细胞的稳定性，并且提供了合成反应所需结构单元的动态库。另外，代谢提供细胞生活过程所需的能量并帮助生长及繁殖。

酶

6.4　代谢反应如何产生？

代谢的化学反应通过酶的活动来催化。酶是生物的催化剂，可以影响化学反应，但酶本身不发生变化。这些化学反应很可能发生，但它们反应需要极长的时间。酶可减少反应的时间，

可使反应在千分之一秒内发生[①]。

6.5　酶怎样执行它的功能?

进行任何一个化学反应,必须向化学反应输入一定的能量。这个能量称为**活化能**(activation energy)。例如,热能可以是被输入到一个化学反应的活化能,促进化学反应发生。酶通过降低化学反应的活化能使化学反应的化合物聚集或使化合物分开。

6.6　代谢反应中反应物用什么命名?

通过酶催化的任何一个代谢反应,参加反应的化合物称为**底物**(substrate),一旦酶作用底物或几个**底物**,反应的产物称为**末端产物**(end product)。

6.7　酶可以作用于不同的化学反应吗?

酶是高度特异性的。每一种酶只能作用某一类或一种特定底物的反应。因此,细胞中有上万种化学反应,细胞中必须有上万种的酶。反应已经发生后,酶释放继续活化另外的化学反应(图 6-1)。

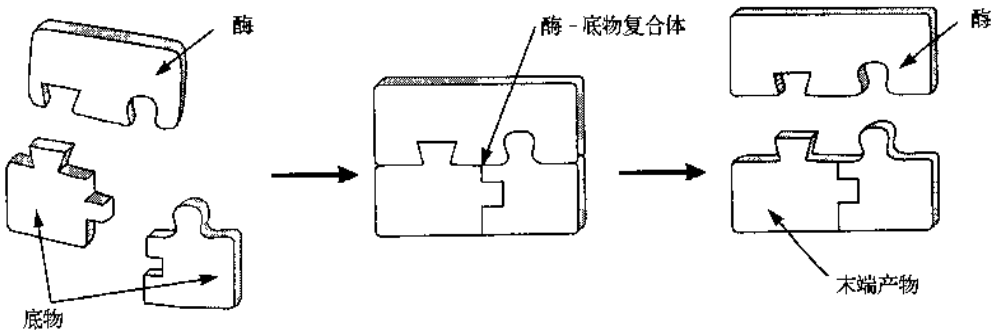


图 6-1　酶的作用。酶是一个蛋白质分子,作用在底物分子上,反应产生末端产物。此例中,一个酶分子结合两个底物分子产生一个单一的分子。

6.8　酶由什么组成?

酶由蛋白质组成,某些情况下,酶含有非蛋白质组分。**简单酶**(simple enzyme)只含有蛋白质。**结合酶**(conjugated enzyme)含有非蛋白质组分。结合酶有时称作**全酶**(holoenzyme);蛋白质的部分称作**脱辅(基)酶**或**酶蛋白**(apoenzyme),而非蛋白质的组分称为**辅(助)因子**(cofactor)。

6.9　酶分子中有不同种类的辅(助)因子吗?

酶分子中的辅(助)因子或者是有**机分子**,或者是**无机**分子。可以作为辅因子的有机分子有 NAD(烟酰胺腺嘌呤二核苷酸,**辅酶Ⅰ**)和 FAD(黄素腺嘌呤二核苷酸),另外的有机分子作为辅因子的是辅酶 A。无机分子有时发现作为辅(助)因子的包括金属离子如铁、镁、铜、锰、锌和钴。某些情况下,辅因子是酶分子的活性部分。

6.10　酶分子有多大及如何构型?

酶分子的分子质量范围从几千到几百万道尔顿(Da)。因为蛋白质分子有一级、二级、三级结构,并且它们常常折叠成三维空间的分子。在这样的大分子中,通常有一个或多个称作**活性部位**(active site)的区域,基本的化学反应在此发生。

---

① 酶不改变化学反应平衡点,仅能改变化学反应速度。——译者注

6.11 酶分子如何起作用引起化学反应?

酶分子和它的底物或几个底物在酶分子的活性部位结合。一般来说,底物和活性部位是匹配紧密的,就像钥匙和锁的关系一样。一旦发生结合,这个复合物称为**酶-底物复合物**,然后酶改变它的构型,化学反应发生。这就是**诱导契合说**(induced fit hypothesis)。反应的结果两个化合物的分子可以结合一起形成一个新的分子,或者一个单个底物分子可分解产生两个或更多的分子。因此,酶分子在底物分子间可形成化学键或在底物分子中断裂化学键。

6.12 酶有任何特殊的命名法吗?

按国际协议,当代酶的命名在末尾添加"-ase"后缀(英文),后缀前的词可以是**底物**的名字,或者用引起反应酶的名字,或者该酶属于大类中哪一类而命名。例如,乳糖酶分解底物乳糖;己糖激酶分解 6-碳糖葡萄糖;连接酶(合成酶)催化两种化学分子合成一种化合物分子。值得注意的是某些酶有习惯命名,如胃蛋白酶是胃中分解蛋白质的酶。

6.13 酶对化学的和物理的环境变化敏感吗?

酶是蛋白质,因为蛋白质对环境中化学的和物理的变化敏感,因此酶也是敏感的。例如,过度的热引起酶蛋白丧失三维结构,此过程称为变性。酶变性是高温可以杀死细胞的一个原因。相似的,化学物质如酚和许多消毒剂能消灭微生物,因为它们破坏了微生物的酶。

能量和 ATP

6.14 发生代谢反应需要能量参加吗?

许多代谢的化学反应是合成代谢的类型。合成代谢一般需要输入能量。另外,分解代谢一般开始时需要输入能量。而且,微生物运动、对环境刺激的反应和繁殖过程均需要能量。所有生物全部生命活动过程能量是最基本的需要之一。

6.15 微生物能贮存能量吗?

微生物的能量贮存形式是**三磷酸腺苷**(adenosine triphosphate,ATP)化合物。ATP 有点类似一个轻便的蓄电池。它能被带到细胞的任何部位,给与化学反应能量或参加细胞的过程(图 6-2)。当能量从 ATP 分子释放,ATP 分子分解为**二磷酸腺苷**(adenosine diphosphate,ADP)和一个磷酸基。一个单个的 ATP 分子分解提供 10000 卡路里[①]的能量供细胞利用。

6.16 在微生物细胞中从 ATP 的分解产物能量新合成 ATP 分子吗?

ATP 的催量贮存在连接磷酸基和 ADP 分子的化学键中。ATP 分子能重新合成,但合成 ATP 分子的化学反应需输入能量。多数合成 ATP 的能量是由分解代谢反应提供的。

6.17 在微生物中 ATP 储存有多长时间?

任何生物细胞中 ATP 分子储存不能超过几分钟,细胞中 ATP 分子也不能转运。当它在微生物中用完时,ATP 用能量化合物如糖类存有的能量再合成。然后这样产生的 ATP 分子几乎立即被利用,结果产生的 ADP 分子和磷酸基可用来重新合成 ATP 分子。因此,这是一个稳定的循环。

6.18 微生物中能量是如何转化用于合成 ATP 分子的?

在代谢的化学反应中,当进行各种氧化和还原反应时,分子释放能量。**氧化反应**(oxida-

① 非法定单位,1 卡路里=4.184 焦尔。—— 译者注

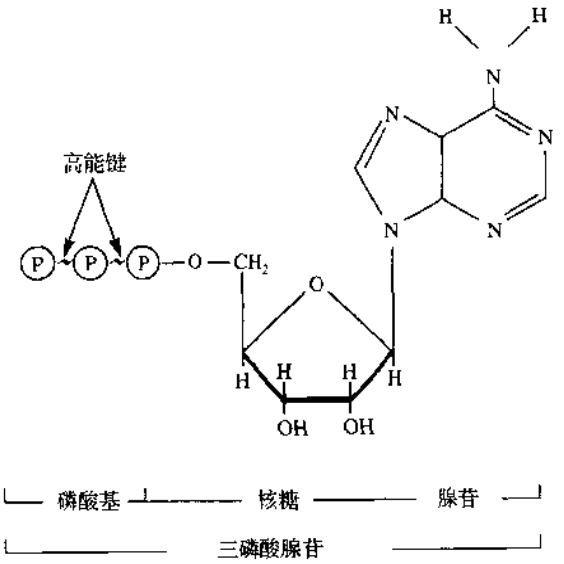


图 6-2　三磷酸腺苷(ATP)的结构。ATP 是微生物能量的主要贮存形式。它由一个腺苷分子、一个核糖分子和三个磷酸基组成。

tion reaction)是从一个底物分子丢失电子的产能反应。这个底物分子被氧化。**还原反应**(reduction reaction)是电子加到底物分子上,这个底物分子被还原。在还原过程氢原子也可加到分子上。氧化和还原反应通常是一起发生的,于是释放的能量被捕获在 ATP 中。

6.19　微生物的代谢能量来自何处?

地球上所有能量最终来源是太阳光。当**光合作用**(photosynthesis)的过程,日光能量被捕获而且结合至糖类分子上。糖类分子如葡萄糖、蔗糖、乳糖、麦芽糖和淀粉,它们被生物利用作为能源。当代谢时,从糖类分子释放的能量用来形成 ATP 分子。

6.20　微生物如何通过糖类获得能量?

通过代谢途径加工糖类可用作能源,**代谢途径**(metabolic pathway)是由一个系列的代谢反应组成,每一步反应均由一个酶催化。一个代谢途径中的产物,通常是下一步反应的底物。许多代谢途径有分支,可进行营养物加工或物质合成。在其他情况下,代谢途径也可以有循环式,途径开始的分子,又在途径的终端产生,再起始另外一个周期循环。代谢的反应通常是彼此相互联系,常常在许多点会合。为使细胞获益,代谢的效果是许多反应的综合。

糖酵解和发酵

6.21　哪些糖类主要用作微生物能源?

糖类分解已经研究过许多代谢途径,但是,绝大多数生物所共有的代谢途径是糖酵解途径。**糖酵解途径**(glycolysis)指的是糖类分解途径,如葡萄糖分解,**EMP** 途径(Embden-Meyerhoff pathyway)是糖酵解许多途径中研究最彻底的途径之一,该途径是以 20 世纪 30 年代两位科学家名字命名的。

6.22　微生物细胞质中糖酵解途径总体上发生了什么变化?

糖酵解是多步的反应过程,其中一个葡萄糖分子通过代谢途径转变成许多化合物,如 EMP 途径产生两分子**丙酮酸**。每一个葡萄糖分子含有 6 个碳原子,从此途径产生的每一个丙酮酸分子有 3 个碳原子。

6.23 糖酵解途径的每一步都发生什么反应?

糖酵解途径是被生物化学家及其学生们高度专注研究的一个代谢途径。糖酵解主要反应是六碳的葡萄糖分子裂解成几个中间分子的化学反应。该途径中有一步反应为六碳分子裂解为2个三碳分子。裂解反应需要输入能量,为此目的需利用ATP。另外的几步,当反应释放能量时可用于合成ATP分子。糖酵解途径最后产生4个ATP分子。但是,由于途径开始已"投入"2个ATP分子,因此,净获得2个ATP分子。糖酵解途径所有步骤的反应都要酶催化。如上所述,该途径的最终产物是2个分子三碳的丙酮酸分子。糖酵解途径概括如图6-3所述。

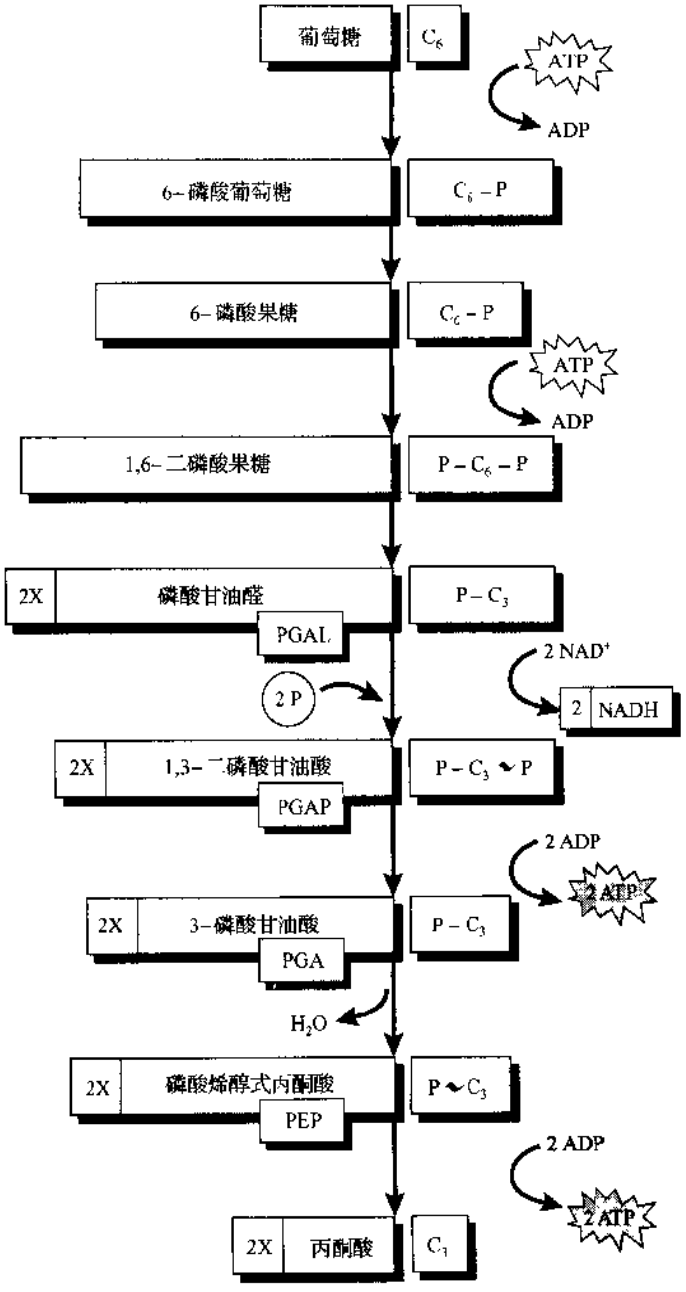


图6-3　糖酵解途径简图。途径早期的反应2分子ATP"投入",途径接近终点产生4分子ATP,净获2分子ATP,也产生末端电子传递所用的2分子NADH。糖酵解途径的产物是丙酮酸。

6.24 糖酵解途径中发生氧化-还原反应吗?

在糖酵解途径中,要发生氧化-还原反应。一对电子从一个三碳分子除去,转移到一个称

为 NAD 的辅酶分子。通过反应使 NAD 分子还原，且需要一个氢原子加到两个电子上。NAD 转换成 NADH。NADH 分子以后将被利用去产生 ATP。

6.25　糖酵解途径后发生什么?

如上所述，糖酵解的结果，一个葡萄糖分子产生两个三碳丙酮酸分子。然后丙酮酸分子通过三羧酸循环和电子传递反应被利用产生 ATP，或者被利用进行发酵。

6.26　在发酵过程中丙酮酸怎样被利用?

发酵是无氧的代谢途径。发酵中特定的酶使丙酮酸分子转换成酸、乙醇和其他末端产物。例如，酵母菌细胞有酵母乙醇脱氢酶将丙酮酸转变成乙醛并释放一个 CO_2 分子。然后乙醛分子转变成乙醇分子，乙醇积累。这个过程是工业发酵生产啤酒、葡萄酒、烈酒和其他醇的基础。发酵也能产生许多酸，如乙酸、丁酸和乳酸，发酵类型取决于存在的酶以及哪种微生物生产这种酶。

6.27　发酵必须在环境中无氧时进行吗?

发酵只是在无氧条件下才发生的一个过程。这是酵母菌或其他微生物通过糖酵解途径每分子葡萄糖代谢获得 2 分子 ATP 的一个途径。假如有氧存在，发酵不可能发生，丙酮酸将在三羧酸循环被利用。三羧酸循环能产生大量用于合成 ATP 的分子。

三羧酸循环

6.28　能量代谢中微生物所用的三羧酸循环本质是什么?

三羧酸循环(Krebs cycle)如图 6-4 阐述，是一系列的循环化学反应，其中环的末端产物是一个新环的开始点。Krebs 循环产生大量在能量代谢中被用来引导合成 ATP 分子的还原性辅酶。

6.29　在 Krebs 循环中丙酮酸直接被利用吗?

丙酮酸并不直接用于 Krebs 循环。而是丙酮酸经一个酶[①]催化转换。该多酶复合体从丙酮酸分子中除去一个碳原子，氧化脱羧释放出 CO_2。分子剩余部分与称为**辅酶 A** 的连接。反应结果形成一个称为**乙酰 CoA**(acetyl CoA)的化合物。然后，乙酰 CoA 在 Krebs 循环中被利用。值得注意的是该反应过程也释放电子，电子被 NAD 吸收。NAD 获得电子被还原，NAD 再吸收一个氢原子变成 NADH。在糖酵解中一个类似的分子(NADH)已在较早时期形成。

6.30　三羧酸循环中乙酰 CoA 的功能?

三羧酸循环有点像化学活动的旋涡。乙酰 CoA 分子进入三羧酸循环与一个叫做**草酰乙酸**(oxaloacetic acid)的四碳分子结合，结合后形成六碳分子的**柠檬酸**(citric acid)。然后柠檬酸转变成一个五碳化合物，反应中从第六个碳原子释放一个 CO_2。五碳分子通过酶催化转变成一个四碳分子，从第五个碳释放一个 CO_2。上述这些反应[②]说明葡萄糖分子中原来存在的碳原子的释放过程。它们也证明了葡萄糖的碳原子如何以废气 CO_2 被释放。

6.31　三羧酸循环怎样结束?

三羧酸循环反应经一系列酶催化按代谢途径继续进行。在途径的末端形成一个草酰乙酸

① 丙酮酸脱氢酶复合体。——译者注

② 丙酮酸完全氧化为三分子 CO_2。——译者注

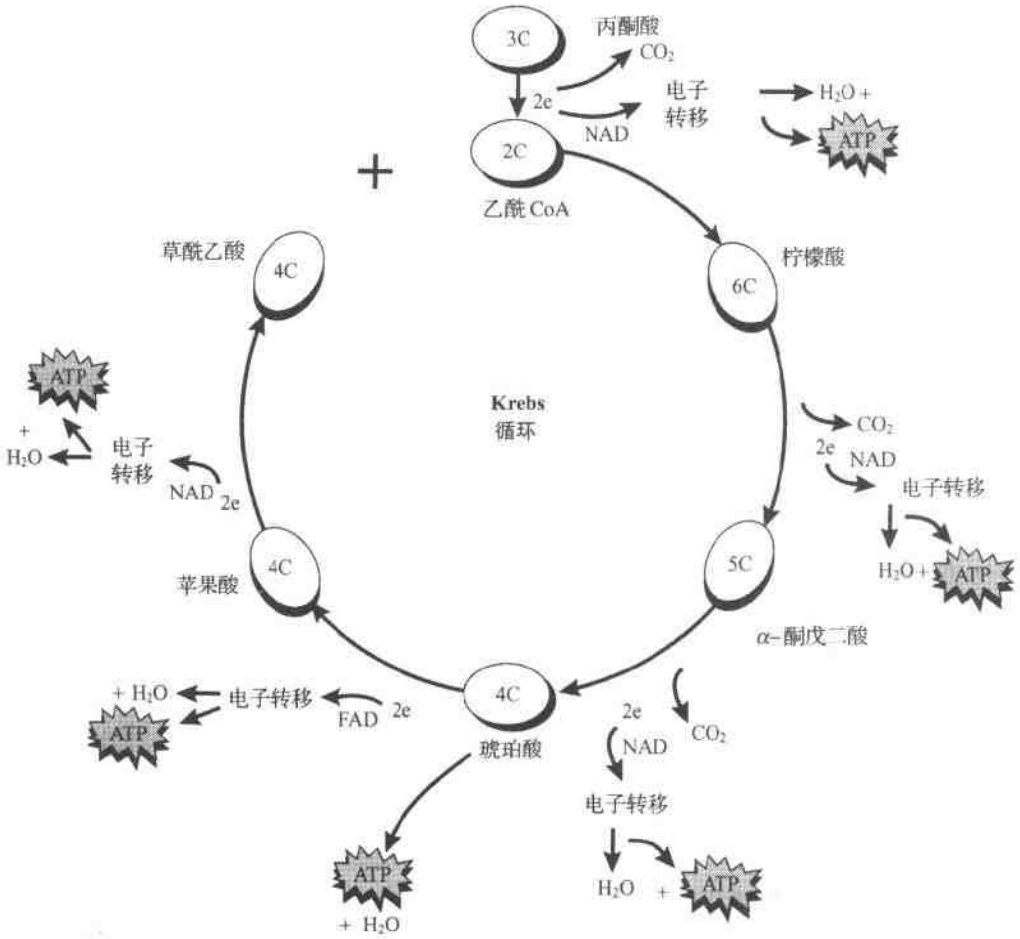


图 6-4 三羧酸循环反应总览。为进入三羧酸循环，丙酮酸转变成乙酰 CoA。然后，乙酰 CoA 与草酰乙酸结合形成柠檬酸。当完成一系列转变之后，释放出电子给 NAD 或 FAD 分子进行电子传递。在此过程也有三分子 CO_2 释放。

分子。这个草酰乙酸分子与一个新的乙酰 CoA 分子结合，三羧酸循环再进行另外一次旋转。当再旋转时，另外的碳原子以 CO_2 分子形式被释放。

6.32 在能量代谢中为什么三羧酸循环是重要的?

三羧酸循环是能量代谢的基础，因为循环反应过程好几处电子被释放。每一次循环，在三个不同位置成对电子交给 NAD 分子，产生三分子还原型的 NAD 或 NADH。此外，另一个反应产生一对电子被 FAD 吸收。FAD 捕获电子后变成还原型 FAD 或 $FADH_2$。三羧酸循环反应中的一个反应可产生足够的能量，释放后合成一分子 ATP[①]。每一个葡萄糖分子经历两次三羧酸循环产生 2 分子 ATP。这 2 分子 ATP 加上糖酵解途径产生的 2 分子 ATP 共产生 4 分子 ATP。

电子传递和化学渗透

6.33 三羧酸循环和糖酵解途径中形成的 NADH 分子发生什么变化? $FADH_2$ 分子的命运怎样?

NADH 和 $FADH_2$ 分子在能量代谢中是重要的。NADH 分子是电子载体链[一般称为**电子传递系统**(electron transport system)]中的第一个。其他参加电子传递系统的分子是 FAD

① 琥珀酰 CoA 经琥珀酰 CoA 合成酶催化，脱去 CoA，生成琥珀酸和 GTP，然后 GTP 再将高能键能转移给 ADP，生成 ATP。——译者注

分子和称为醌(quinone)的化合物分子。也包括一系列称为**细胞色素**(cytochrome)的含色素的辅助因子。NAD、FAD、泛醌和细胞色素分子参加一系列的电子转移。在这些转移中，电子从一个分子到下一个分子移动。每一个分子在它丢失电子时氧化，或在它获得电子时还原。这样的电子传递链当电子沿传递链经过时发生一系列的氧化还原反应(图6-5)。

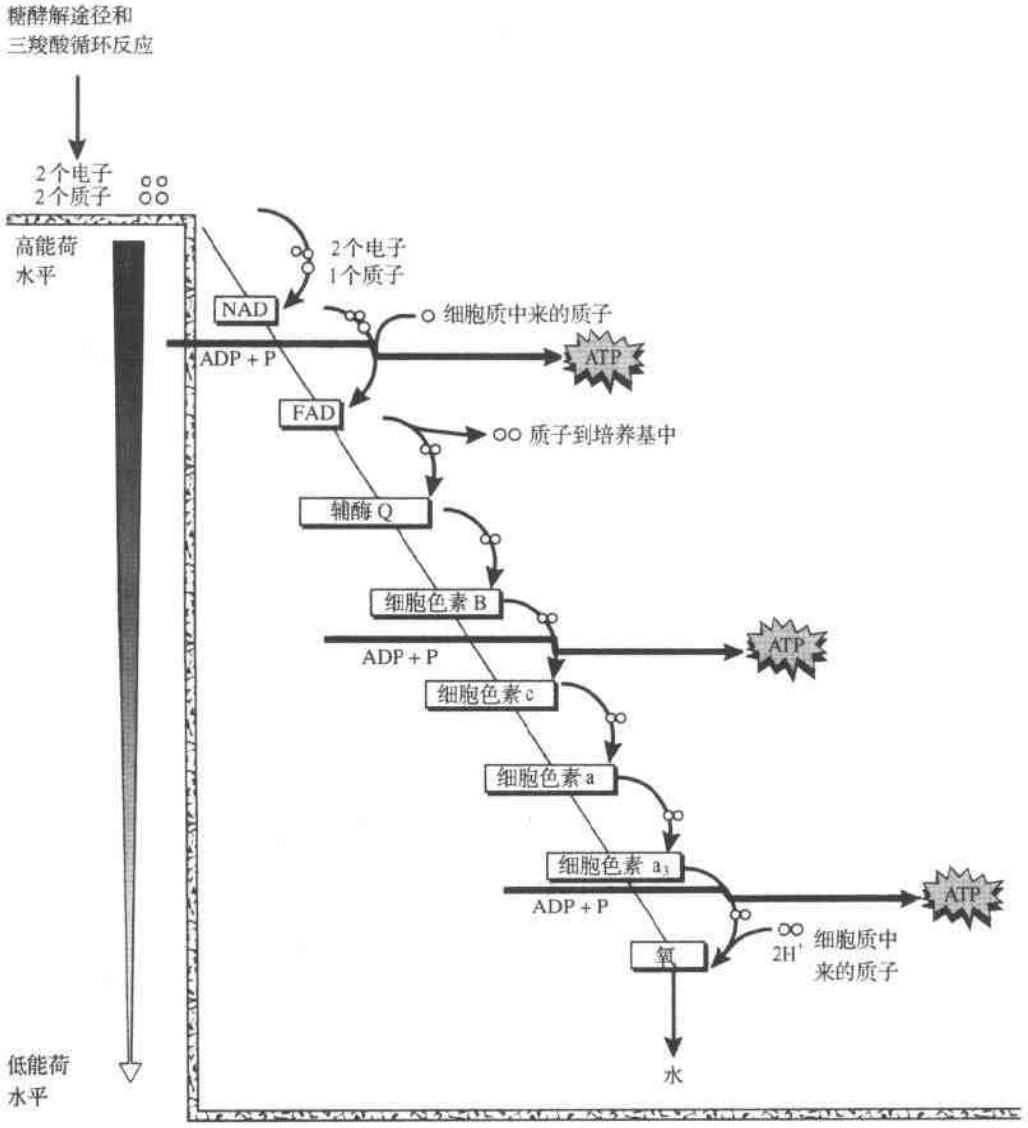


图6-5　电子传递系统。从糖酵解途径和三羧酸循环来的电子被NAD分子吸收，然后通过FAD分子，经一系列的醌和细胞色素，最终，电子传送给氧原子，后者从细胞质中获得质子变成水。当电子传递时，释放的能量驱动化学渗透的质子动势，这个能量用于合成ATP。

6.34　在电子传递链中电子的最终命运是什么?

电子传递链中电子的最终受体是**氧**分子。当氧原子接受电子时，它也承受了两个氢原子而变成水分子。由于氧的参加，整个过程常称为**细胞呼吸**(cellular respiration)，电子传递链有时称为细胞呼吸链。氧是惟一接受电子的受体，在代谢过程中它的参加是必不可少的。

6.35　当电子传递系统运行时能量如何诱捕?

NADH和$FADH_2$的电子(发源于三羧酸循环反应)穿过原核生物细胞膜中和真核生物

线粒体膜中的醌和细胞色素分子。由于电子在分子间传递，释放的能量用于自膜内侧向膜外侧泵出氢质子[①]，造成了膜外侧质子高浓度梯度，很快形成了一个称为**质子动势**(proton motive force)的力，质子动势立即把质子从膜的外侧再输回到膜的内侧，以平衡膜内外的质子浓度梯度。由于质子返回穿过膜，它们释放的能量当 ADP 分子和磷酸基作为结构单元时就合成了 ATP 分子。膜上的一个酶称为 ATP 酶伴随着合成反应。质子的运动和 ATP 合成的过程称为**化学渗透**(chemiosmosis)。见图 6-6 所述过程。

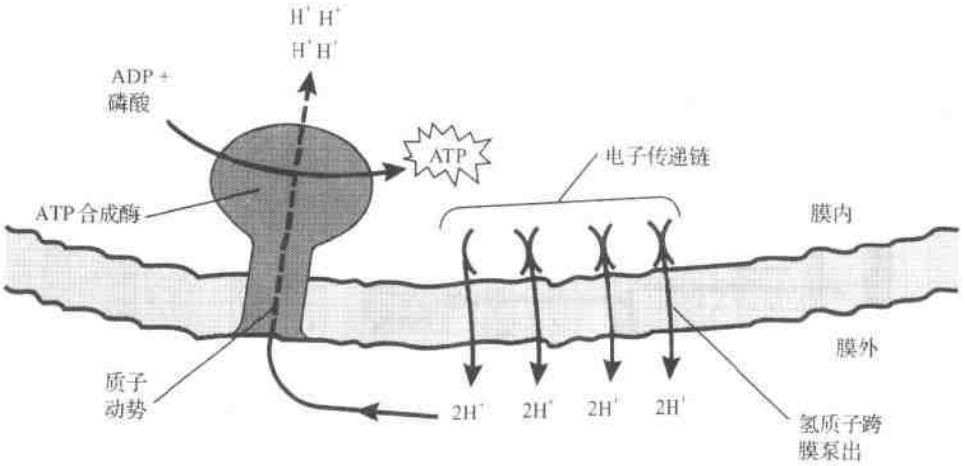


图 6-6　化学渗透偶联假说。NAD、FAD 和细胞色素中的电子传递，释放足够的能量将氢的质子从膜的内侧泵出微生物膜的外侧。当质子积累时，质子动势形成，质子从膜外侧再输回到膜内侧以平衡质子梯度差。当质子运动时，ADP 分子与磷酸基连接形成 ATP 分子，合成的能量来自质子动势。

6.36　电子传递和化学渗透过程为什么用氧化磷酸化这个术语?

电子通过辅酶、醌、细胞色素中的反应称为氧化反应，而磷酸基加到 ADP 分子称为磷酸化作用。因此用**氧化磷酸化**(oxidative phosphorylation)这个术语，表示电子沿着链传递和释放能量偶联着 ATP 的合成过程。

6.37　微生物中进行氧化磷酸化产生多少能量?

包括糖酵解、三羧酸循环和氧化磷酸化代谢过程产生的能量是相当大的。每一个 NADH 分子代谢和它的一对电子通过电子传递链传递，合成 3 个 ATP 分子。每一个 $FADH_2$ 分子代谢，它的电子沿电子传递链传递到氧，合成 2 个 ATP 分子。微生物中从氧化磷酸化反应的能量代谢总共产生 34 个 ATP 分子。另外，在 34 个 ATP 分子上，加上两次三羧酸循环过程产生的 2 个 ATP 分子和糖酵解途径净产生的 2 个 ATP 分子。因此，每分子葡萄糖代谢 ATP 分子总数是 38 个。

6.38　微生物中存在的能量代谢还有其他可供选择的途径吗?

微生物中糖酵解、三羧酸循环和电子传递过程并不是惟一可利用的途径。某些种类细菌沿着称作单**磷酸己糖支路**(hexose monophosphate shunt，HMP)的不同途径分解糖类和释放能量，而另外一些种类的细菌，在其能量代谢中采用 **ED 途径** (Entner-Douderoff pathway)。HMP 途径产生大量用于核酸合成的五碳糖；ED 途径在假单胞菌属(*pseudomonas*)的一些种中发现。

① 原书中为氢原子，可能错。——译者注

分解代谢的其他方面

6.39 能量代谢中氧是作为电子受体的惟一底物吗?

许多种类的微生物,包括许多种细菌,参加**无氧呼吸**(anaerobic respiration)。这个过程和有氧呼吸(必须包括氧)有些相似,利用一个电子传递链。但是,它以各种不同种类的分子作为能量代谢电子的受体。

6.40 举出无氧代谢中能被用作电子受体分子的某些例子?

一般无氧代谢的电子受体是硝酸盐和硫酸盐。当这些分子接受电子时,它们各自被还原成亚硝酸盐和硫化氢。两个化学转换是上壤中氮素和硫素循环的重要方面。二氧化碳也可用作电子受体,它被还原为甲烷(CH_4,沼气的主要成分)。在厌氧的土壤中这种转换十分重要,因为甲烷是一种极有刺激味的气体,称为天然气。

6.41 能量代谢中葡萄糖以外的其他糖类如何被利用?

许多其他糖类,包括单糖、双糖和多糖,在分解代谢中可被用作能源。一般这些化合物分解转变成糖酵解途径或三羧酸循环的化合物,然后进一步代谢。例如,由两分子葡萄糖经化学键连接的**麦芽糖**。通过麦芽糖酶分解后,每一葡萄糖分子由糖酵解途径进一步代谢。另一个例子是**蔗糖**,是由果糖和葡萄糖组成的双糖。蔗糖酶分解蔗糖为葡萄糖和果糖,葡萄糖在糖酵解途径被代谢,果糖转变成磷酸果糖,糖酵解途径的一个中间化合物。**乳糖**是通过乳糖酶裂解产生葡萄糖和半乳糖,葡萄糖直接代谢,半乳糖转变成几种化合物,最终形成酵解途径的一个化合物,这个化合物进入糖酵解途径代谢。

6.42 为了获得能量,多糖是怎样代谢的?

多糖包括**淀粉**和**纤维素**,这些分子由成百个或成千个葡萄糖结构单元组成,结构单元数目取决于多糖的来源。酶一次从淀粉分子中切下一个葡萄糖单元,经一系列酶的转化,葡萄糖分子进入糖酵解系统。**纤维素**也采用相似的分解机制,但纤维素很不容易被微生物分解,因为多数微生物不产生纤维素酶。只有少数微生物有纤维素酶。因此,环境中植物细胞壁的纤维素保持未消化的状态。牛的瘤胃含有产生纤维素酶的微生物。

6.43 能量代谢中蛋白质能被利用吗?

蛋白质和脂肪两者均可作为能源物质。在分解代谢过程中,蛋白质分解成氨基酸。通过**脱氨(基)作用**(deamination),除去氨基酸的一个**氨**基并插入一个氧原子,通常最终形成的是糖酵解途径或三羧酸循环中的一个正常分子。例如,氨基酸中丙氨酸经过脱氨基作用转变成丙酮酸,后者能被代谢作为能源物质。

6.44 微生物可以利用脂肪作为能源吗?

像蛋白质一样,代谢中脂肪可被利用作为良好的能源。脂肪通常由一个甘油分子和一、二或三个脂肪酸分子组成。一旦甘油分子与脂肪酸分开,它转变成磷酸二羟丙酮(DHAP),它是糖酵解途径的中间产物。然后 DHAP 沿着 EMP 途径进一步代谢。脂肪酸具有 16、18 或 20 个碳原子的长链,通过适当的酶断裂成二碳单位,然后二碳单位通过一个称作**β-氧化**(beta-oxidation)或是脂肪酸螺旋的过程转化成乙酰 CoA 分子。然后乙酰 CoA 进入三羧酸循环继续代谢,见图 6-7 所示。

6.45 合成过程与分解过程能发生联系吗?

分解代谢反应是与合成代谢过程或生物合成密切联系的。例如,许多氨基酸能通过脱氨

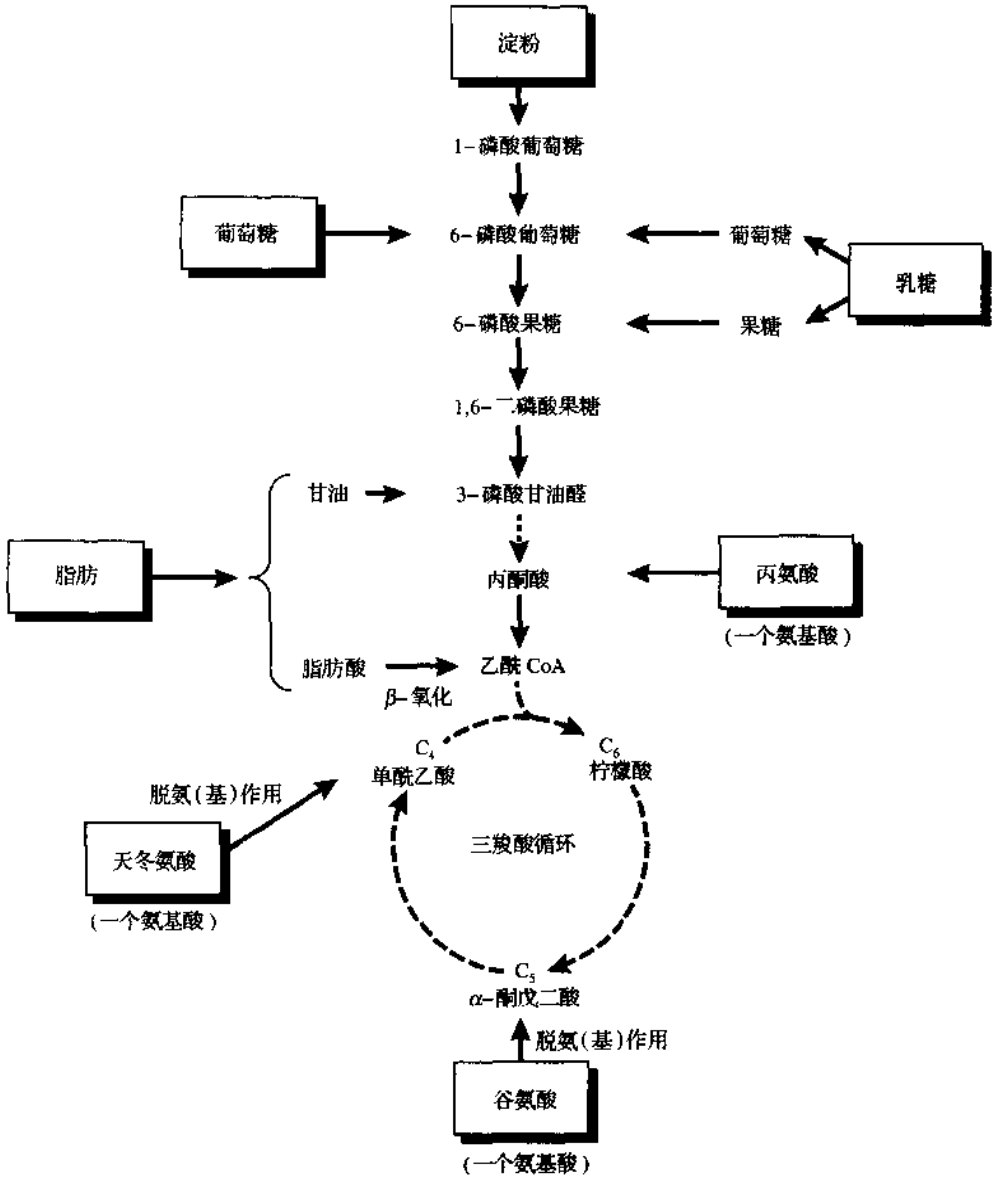


图 6-7 微生物代谢总览。各种糖类、氨基酸和脂肪进行能量代谢示意图。

(基)作用的逆转过程而产生。举例来看,当丙氨酸从丙酮酸合成时,丙酮酸氧的部分在**氨基化**(amination)过程被氨基部分取代。三羧酸循环中称作 α-酮戊二酸的化合物也能被利用来形成氨基酸中谷的氨酸。

6.46 通过利用能量代谢的反应能产生脂肪和脂类吗?

通过某些能量代谢的逆转,可以产生脂肪酸和脂肪。例如,乙酰 CoA 分子能被利用来形成脂肪酸分子,糖酵解过程从三碳分子 DHAP(磷酸二羟丙酮)能形成甘油,脂肪酸和甘油分子再通过脱水合成作用彼此连接形成脂肪。

6.47 与糖类代谢交错混杂的 DNA 和 RNA 怎样合成?

形成 DNA 和 RNA 分子,细胞必须有种种含氮碱基,包括腺嘌呤、胸腺嘧啶、鸟嘌呤和胞嘧啶。这些分子能从三羧酸循环的中间化合物合成。例如,利用草酰乙酸可合成天冬氨酸,形成含氮碱基的一种氨基酸。许多情况下,形成是逐步的过程,且包括一系列的反应。NAD 和 FAD 也为含氮碱基,它们的合成对能量代谢反应来说是微量的。DNA 和 RNA 的合成及蛋白

质合成机制，将在第7章详细讨论。

光合作用

6.48 糖类分子合成有什么途径?

糖类分子的合成与氨基酸和脂肪合成显著地不同，因为糖类合成通过光合作用过程发生。**光合作用**利用日光的能量去合成 ATP 和 NADPH 分子，然后用这些分子中的能量去制造糖类分子。

6.49 哪些微生物进行光合作用?

光合作用发生在那些具有吸收光能所需色素的微生物中，一些细菌如**紫色硫细菌**(purple sulfur bacteria)和**绿色硫细菌**(green sulfur becteria)参与光合作用。**蓝细菌**(cyanobacteria)和**单细胞藻类**(unicellular algae)也进行光合作用。

6.50 光合作用包括什么化学反应?

一般光合作用过程分为两个相互联系的系列反应：**固定能量反应**(energy-fixing reactions)，有时称为光反应(因为它们需要光提供能源)；**固定碳的反应**(carbon-fixing reactions)，有时称为暗反应(因为它们不需要光)。

6.51 光合作用固定能量反应中什么是必需的?

在固定能量反应中，光合作用色素，如叶绿素或细菌叶绿素作为捕获能量的分子。**色素**吸收光能，传递给其中的电子。然后，获得能量的电子通过电子传递链被传递。在各种各样的氧化还原反应发生时，建立了**质子动势**，使氢离子穿过膜。在蓝细菌中叶绿素分子位于细胞膜上，而在单细胞藻类中，叶绿素分子位于叶绿体上。

6.52 在光合作用固定能量反应中，质子动势的效应是什么?

质子动势建立化学渗透和解释 ATP 分子合成。ATP 储存在细胞中。因为这种 ATP 合成的形式依赖于光，它称为**光合磷酸化作用**(photophosphorylation)。电子通过一系列细胞色素传递后，最后终止的地方是 NADP 分子。NADP 分子被还原，成为 NADPH 分子(图 6-8)。

6.53 在光合作用能量固定反应中，电子怎样返回?

能量固定反应中，从叶绿素分子逐出而丢失的电子，被来自酶解后的水分子的电子取代(复原)。氧离子自己重新组成氧气中的氧分子释放到环境中。空气中大概有 20% 为氧气，氧气是蓝细菌中光合作用最大的副产品。这就是能量代谢中细胞呼吸过程所利用的同样的氧气。

6.54 所有的微生物都用水作为置换电子的来源吗?

不是所有微生物都利用水。例如，紫色硫细菌光合作用中释放的是氧化的化合物，而不是氧。这些微生物利用一种化合物如硫化氢来代替水，产生硫。

6.55 光合作用中固定碳是什么反应?

当固定碳反应时，实际上糖类分子进行合成。在此系列反应中，一个 CO_2 分子通过酶系催化与一个叫**作磷酸核酮糖**的五碳分子(ribulose-phosphate)结合。结果产生一个六碳化合物，该六碳化合物立即分开为两个三碳分子，这些三碳分子都是相同的，糖酵解途径的一个中

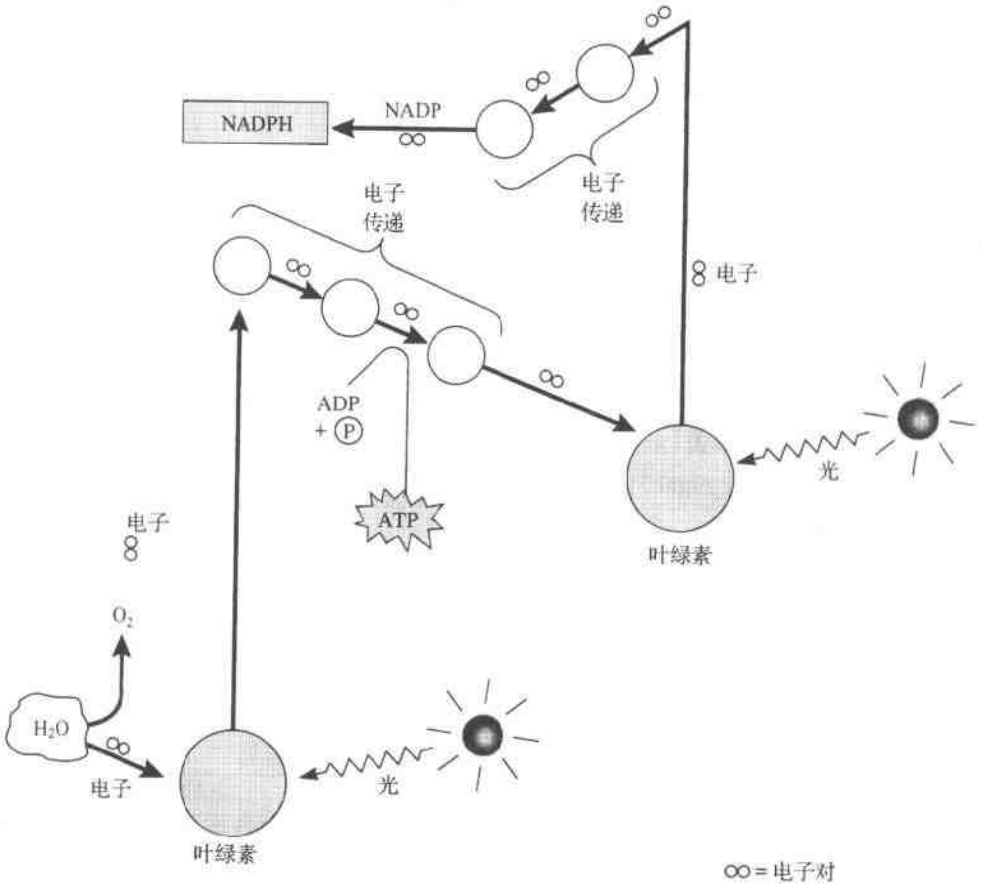


图 6-8　光合作用固定能量反应总览。单细胞藻类的图解。日光激发叶绿素分子，逐出电子。电子在载体间传递，然后传给另外的叶绿素分子，它们再次被光激活。最终将电子传递给 NADP 分子，于是产生了 NADPH。当电子传递过程产生了 ATP。ATP 和 NADPH 将被用来进行固定碳的反应。H_2O 分子光解出的电子用于取代叶绿素分子中原来的电子，左边上面的氧原子形成空气中的氧分子。

间产物[①]。通过错综复杂的系列反应，两个三碳分子彼此互相作用通过一系列的转换，形成六碳化合物葡萄糖。

6.56　光合作用中合成葡萄糖后发生什么?

许多微生物中，光合作用产生的葡萄糖通过糖酵解和三羧酸循环过程释放能量而被利用。在某些微生物中，葡萄糖分子结合形成淀粉分子，为葡萄糖的一种储存形式。还有另外一些微生物，葡萄糖分子结合形成糖原，糖原是与淀粉分子密切相关的。葡萄糖分子也用来合成核酸的组分(如核糖和脱氧核糖)或细胞结构中的多糖如荚膜。

6.57　微生物细胞质中的代谢反应怎样表现出"经济核算"?

微生物代谢处于"经济核算"状态，因为代谢途径和分解代谢是相互交错连接的。因此，糖酵解途径既可用作分解反应，又可用于合成反应。结果只需用较少的酶，因为酶在向前的方向和逆转的方向都能起反应。合成作用与分解作用使用同样的酶。许多的中间分子可被转移到其他许多的途径，而且得到的分子有多重作用。尽管代谢是复杂的，总体上看还是简单的。代谢的研究阐明微生物生长的许多方面。

① 3-磷酸甘油酸。——译者注

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 下述所有特征皆适合于酶，除了(　　)之外。 (a)它们降低化学反应发生所需的活化能 (b)它们作用的物质称为底物 (c)它们是惟一由糖类分子组成的 (d)它们只在分解代谢反应中运转[①]
2. 合成代谢是微生物细胞中(　　)的一个过程。 (a)合成分子及细胞结构 (b)在电子载体间传递电子 (c)微生物细胞分解大分子为较小的分子 (d)糖酵解和三羧酸循环是关键的中间产物
3. 具有酶辅助因子功能的有机分子是(　　)。 (a)铁离子 (b) FAD 和 NAD (c) ATP 分子 (d)丙酮酸分子和乙醛分子
4. 诱导契合假说帮助解释(　　)。 (a)当化学反应时酶的分子构型改变 (b)光合作用过程中通过有机载体转移电子 (c)三羧酸循环中将蛋白质转变为糖类 (d)代谢过程中辅酶 A 的复杂情况
5. 代谢过程为了产生 ATP 分子，所有下面的物质都是需要的，除了(　　)之外。 (a)二磷酸腺苷分子 (b)能量 (c)磷酸基 (d)DNA 和 RNA
6. 代谢中如发生还原反应时，(　　)。 (a)从底物分子丢失电子 (b)通常获得大量的能量 (c)电子加到底物分子上 (d)底物分子被氧化
7. 当进行糖酵解化学反应时，(　　)。 (a)糖类转变为蛋白质 (b)酶不起作用 (c)从二氧化碳分子产生糖类分子 (d)从一个单个葡萄糖分子产生两个丙酮酸分子
8. 微生物中从糖酵解途径获得(　　)ATP 分子。 (a)2 个 (b)4 个 (c)36 个 (d)38 个
9. 下面的叙述(　　)可应用于发酵。 (a)在无氧条件下发生发酵 (b)发酵过程发生时需要 DNA (c)发酵的一个产物是淀粉分子 (d)发酵可在大多数微生物细胞中发生
10. 进入三羧酸循环进一步代谢的化学底物是(　　)。 (a)乙醇 (b)丙酮酸 (c)乙酰 CoA (d)三磷酸腺苷
11. 下面所有特征适合于三羧酸循环，除了(　　)之外。 (a)CO_2 分子以废物释放 (b)循环时形成柠檬酸 (c)所有的反应都要酶催化 (d)反应导致葡萄糖合成
12. 电子传递链中(　　)。 (a)氧用作末端受体 (b)细胞色素分子不参加电子转移 (c)转移的一个可能结果是发酵 (d)电子转移的电子来源是 DNA
13. 化学渗透假说解释(　　)。 (a)氨基酸转变为糖类分子 (b)糖酵解过程淀粉分子分解为葡萄糖分子 (c)捕获的能量在 ATP 分子中 (d)用光作为能源合成葡萄糖分子
14. 当一个 NADH 分子被代谢和它的电子通过电子传递链传递时，(　　)。 (a)形成六个氨基酸分子 (b)产生一个单个葡萄糖分子 (c)合成三个 ATP 分子 (d)形成一个甘油三酯和两个甘油二酯
15. 己糖单磷酸支路和 ED 途径是进行(　　)替换的一个机制。 (a)微生物中 DNA 合成 (b)光合生物中的光合作用 (c)某些种类微生物中的能量代谢 (d)化学渗透作用
16. 微生物代谢中，硝酸盐和硫酸盐可作为电子受体是在(　　)。 (a)无酶时 (b)无 ATP 时 (c)无氧时 (d)有细胞色素时
17. 为使淀粉和纤维素进行代谢而提供能量，(　　)。 (a)它们必须第一步变成脂肪分子 (b)它们的葡萄糖单位必须被释放 (c)环境中必须有游离氧存在 (d)遗传密码必须起促进作用
18. 脱氨(基)作用解释这种转变：(　　)。 (a)多糖转变为双糖 (b)双糖转变为多糖

① 此项也是错误的答案。——译者注

(c)脂肪转变为糖类分子 (d)氨基酸转变为能量化合物

19. 为使细胞利用脂肪酸作为它们的能量,脂肪酸分解而且转化成的分子为(　　)。 (a)醌和磷酸核糖 (b)乙酰 CoA (c)各种氨基酸 (d)DHAP 分子

20. 从分解代谢的中间产物能形成氨基酸(　　)。 (a)在糖类分子的碳原子上置换一个羧基 (b)结合一个 ATP 分子到糖类分子上 (c)在酶分子上改变活性部位 (d)用一个氨基去替换中间化合物的一个氧原子

21. 驱动光合作用反应的能量来自(　　)。(a)氧化-还原反应 (b)日光 (c)ATP 分子 (d)乙酰 CoA 分子

22. 细菌中参加光合作用的是(　　)。 (a)紫细菌和绿硫细菌 (b)肠的细菌如大肠杆菌 (c)土壤细菌如放线菌 (d)立克次氏体和衣原体

23. 某些微生物中光合作用从叶绿素分子丢失的电子复原取决于(　　)。 (a)ATP 分子 (b)细胞色素分子 (c)水分子 (d)含氮碱基分子

24. 当光合作用固定碳反应时(　　)。 (a)CO_2 分子与磷酸核酮糖分子反应 (b)丙酮酸分子结合形成葡萄糖分子 (c)淀粉分子转变为纤维素分子 (d)DNA 分子改变为 RNA 分子

25. 微生物光合作用的中间产物是(　　)。 (a)氨基酸和蛋白质 (b)氧气和葡萄糖分子 (c)丙酮酸分子 (d)病毒

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 细胞代谢中分解大分子成较小分子称为_____。
2. 所有酶是由有机化合物中的_____组成的。
3. 酶分子能被识别因为一般它的名字末尾添加后缀_____。
4. 微生物能量的主要储存形式是化合物_____。
5. 底物分子丢失电子并从中获得能量的化学反应,通常称为_____。
6. 糖酵解是多步的代谢途径,其中产生的两分子丙酮酸是由一分子的_____分解的。
7. 微生物中研究糖类酵解有许多过程,最普遍研究的途径是称作_____途径。
8. 在无氧条件下能将丙酮酸分子转变成乙醇分子的微生物是_____。
9. 丙酮酸分子进入三羧酸循环之前,一个酶复合体除去一个碳原子,而转变剩余两个碳原子的化合物称为_____。
10. 在三羧酸循环和糖酵解反应中,一个吸收电子的重要辅酶是_____。
11. 电子通过电子传递链传递的最终命运是和_____分子结合。
12. 微生物中在电子传递系统中有传递电子功能并有色素的辅酶称为_____。
13. 质子动势驱动质子跨微生物细胞膜运动,在称为_____过程中产生能量和合成 ATP 分子。
14. 当微生物细胞进行呼吸时,一个单个葡萄糖分子代谢,一般总的形成_____个 ATP 分子。
15. 某些微生物利用硝酸盐和硫化氢分子是在_____代谢形式中。
16. 为了提供代谢的能量,双糖中乳糖分解成葡萄糖分子和_____。
17. 在脱氨(基)作用过程中,酶对_____作用产生了能量化合物。
18. 为了获得能量,脂肪酸分解产生的二碳单位通过_____过程。
19. 许多 DNA 和 RNA 的碱基能由二羧酸循环中称作_____的化合物形成。
20. 含有色素的那些细菌发生光合作用时,用色素吸收_____。
21. 光合作用固定能量反应结果形成 NADH 分子和_____。
22. 光合作用固定能量反应中水被利用的一个重要副产品是_____气。
23. 光合作用固定碳反应中,利用的化合物为磷酸核酮糖,利用的一种气体为_____。

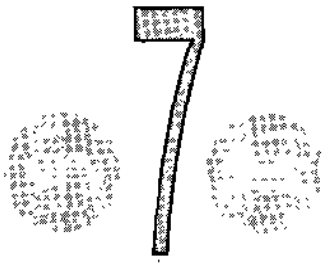
24. 光合作用固定碳反应中产生的重要单糖是_____。

25. 微生物从光合作用可以产生的多糖包括糖原和_____。

匹配题　从B栏中四个代谢过程选出一个与A栏中所列的特征匹配。

A栏	B栏
__1. 蓝细菌和绿硫细菌中发生的	(a) 糖酵解途径
__2. 两分子"投入"推动这一过程	(b) 三羧酸循环
__3. 包括能量固定和碳固定的反应	(c) 化学渗透
__4. 氢质子泵出跨过膜	(d) 光合作用
__5. 包括柠檬酸和草酰乙酸	
__6. 一个重要的副产品是氧气	
__7. 结果产生两分子丙酮酸	
__8. 由乙酰CoA分子进入开始	
__9. 结果合成葡萄糖分子	
__10. 这个过程的产物能用于发酵	

（林稚兰 译）



DNA和基因表达

内　容

微生物的遗传特性是通过脱氧核糖核酸(DNA)的生理学表现的。DNA生物化学的活性和基因表达是微生物代谢的基本方面。本章内容是：

1. 复习DNA成分，重点是构成DNA分子的核苷酸排列。
2. 学习细胞中DNA如何复制和DNA如何控制蛋白质的合成。
3. 蛋白质合成的早期阶段 — 转录的关键步骤。
4. 认识微生物细胞质中核糖核酸(RNA)在蛋白质合成过程中的重要性。
5. 了解进行蛋白质合成时翻译的某些关键步骤。
6. 获悉肽链形成蛋白质最终结构的步骤。
7. 了解遗传密码的特性及怎样改变遗传密码造成突变。
8. 概述微生物中的基因调控方法。

原理和问题

7.1　DNA与基因表达在什么地方与微生物代谢配合?

DNA的结构和功能及基因表达是与微生物代谢密切联系的。如第6章中所述的，微生物代谢是有关有机化合物的合成代谢和分解代谢，是微生物中发生的化学反应的总称。合成代谢的一个重要方面是蛋白质合成。这个合成与DNA的结构和功能有关，DNA中的遗传密码是通过蛋白质分子来表达的。

7.2　什么时候科学家第一次认识到DNA指导蛋白质合成和DNA是遗传分子?

早在1928年，Frederick Griffith(格里菲斯)的实验证实细菌的遗传特性能够改变，1944年Oswald Avery(艾威)证实遗传信息的物质基础是DNA。1952年Alired Hershey和Martha Chase[①]，证实DNA指导蛋白质合成。1952年，James D. Watson(沃森)和Francis H. C. Crick(克里克)阐明了DNA的结构和一级结构如何决定蛋白质的合成。

DNA的结构和生理学

7.3　DNA由什么组成?

DNA是微生物和所有其他生物中发现的两个重要的核酸之一。DNA代表**脱氧核糖核酸**(deoxyribonucleic acid)。另外一个重要的核酸是核糖核酸(或称RNA)。DNA或RNA两者皆是化学结构单元称作核苷酸的长链(多聚体)。

7.4　核苷酸成分是什么? 它们如何排列构成核酸?

核苷酸(nucleotide)由三个基本单位组成：一分子糖类(DNA中是脱氧核糖；RNA中是

① 完成了令人信服的噬菌体感染实验。 - 译者注

核糖),一个磷酸基(一组磷酸、氢原子、磷酸分子来的氧原子)和一个含氮碱基。核酸中核苷酸通过核苷酸中的糖类分子与下一个分子磷酸基间的化学键彼此连接[①]。结果形成糖-磷酸"骨架",糖-磷酸-糖-磷酸-糖-磷酸分子重复构型的"骨架"。含氮碱基连结在糖分子上[②],沿着糖-磷酸"骨架"以侧支形式排列。

7.5 DNA和RNA中有哪些核苷酸?

DNA中只有四种不同的**含氮碱基**(nitrogenous base):腺嘌呤、胞嘧啶、鸟嘌呤和胸腺嘧啶。腺嘌呤和鸟嘌呤属于一组有机分子,称为**嘌呤**(purine),胞嘧啶和胸腺嘧啶属于称为**嘧啶**(pyrimidine)的一组有机分子。在RNA中四种含氮碱基是腺嘌呤、胞嘧啶、鸟嘌呤和尿嘧啶。尿嘧啶,像胞嘧啶和胸腺嘧啶一样,是嘧啶。

7.6 RNA与DNA有什么不同?

如以前讨论提示,RNA与DNA区别在两方面:RNA的糖类是核糖(DNA中的糖类是脱氧核糖);RNA中四个碱基之一是尿嘧啶(而DNA中是胸腺嘧啶)。

7.7 微生物中DNA的重要性是什么?

原核生物如细菌,DNA是染色体的惟一成分[③],它们是遗传的结构物质。真核微生物如真菌、原生动物和藻类中,DNA和组蛋白结合形成了细胞的染色体。原核生物的(细菌的)染色体是单个、闭环DNA,而真核生物的染色体由DNA链和蛋白质构成。

7.8 染色体中DNA是以什么构型存在?

所有生物染色体组或染色体中携带的皆是双链DNA。双链以双螺旋构型排列,排列类似螺旋的楼梯。双螺旋中腺嘌呤与胸腺嘧啶总是相对排列,反之亦然,如图7-1所示;鸟嘌呤和胞嘧啶也是如此。A—T和C—G键是弱键。腺嘌呤和胸腺嘧啶,鸟嘌呤和胞嘧啶互补碱基配对。DNA的结构是1953年Watson和Crick第一次提出来的。

7.9 所有DNA分子有相同量的碱基吗?

染色体中发现的DNA分子中碱基数目和序列的关键成分是不同的。不同生物有不同数目的四个碱基,碱基序列有无数的差异。但是,在所有情况下,腺嘌呤是与胸腺嘧啶相对,而胞嘧啶总是与鸟嘌呤相对。

7.10 基因和DNA分子相同吗?

基因是遗传的单位。一个基因是DNA分子的一个片段或一个区域。DNA分子的这一片段提供蛋白质合成的遗传密码。

7.11 基因在亲代和子代生物之间如何传递?

生物如细菌、原生动物和复杂的生物复制时,亲代生物的DNA复制,一个子代分子进入一个子代细胞。通过这种方式,遗传学的特性传给子代。

7.12 DNA分子如何发生复制?

Watson和Crick第一个提出现已经证实了的DNA的复制方法。DNA的双螺旋解开,每

① 磷酸二酯键。——译者注
② 糖苷键。——译者注
③ 细菌染色体除DNA外,还含有类组蛋白。——译者注

一条 DNA 链作为合成一条新链的一个模板或模型(图 7-2)。新链的重要因素是碱基的放置。这种放置受亲代 DNA 分子中碱基的影响。因为,在新的 DNA 分子中,A 与 T配对,C 与 G 配对。然后 DNA 聚合酶将核苷酸连接在一起,新的双链 DNA 形成。

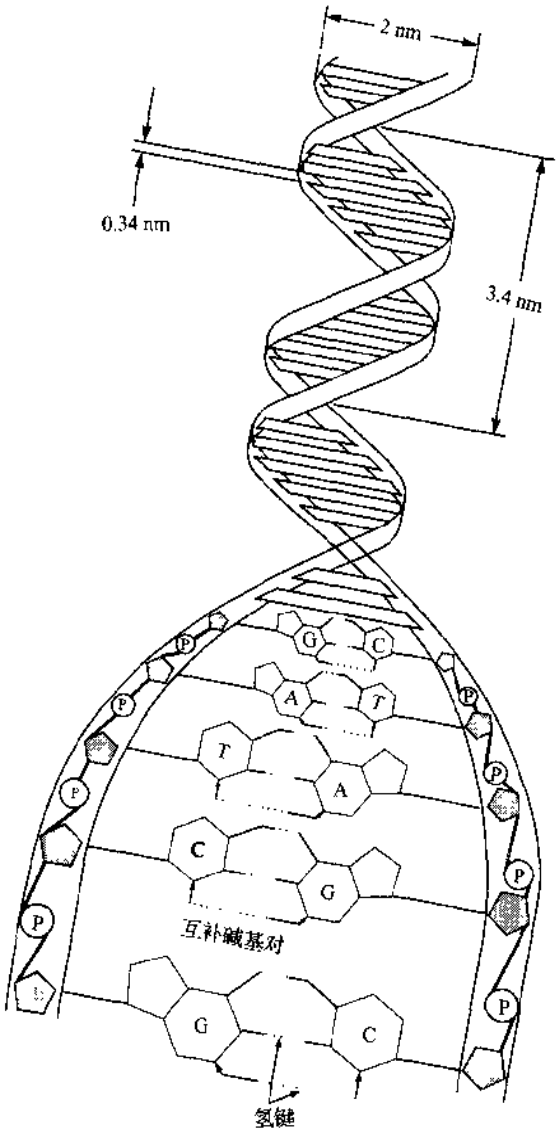


图 7-1　DNA 分子化学组成。由脱氧核糖和磷酸基组成的两条相互交缠链形成 DNA 双螺旋。从彼此相向的脱氧核糖分子伸出互补碱基对。各分子间的距离如图所示。

7.13　两条新的 DNA 链彼此联合形成一条双螺旋吗?

不,实验已经证明,一个亲代 DNA 链与一条新的 DNA 链联合形成一条双螺旋。另外一条亲代 DNA 链与另外一条新链形成另外一条双螺旋。这种复制方法称为**半保留复制**。结果在子代 DNA 的两个双螺旋中,仍然存在着原来的双螺旋。然后,当细胞分裂时新 DNA 分子进入它们各自的细胞。

7.14　DNA 如何控制细胞中的蛋白质合成?

DNA 在蛋白质合成时通过新蛋白质上特定的氨基酸序列表达自己。基因(DNA 片段)并不直接构造蛋白质,而是通过 RNA 去指导,然后 RNA 按照遗传密码控制蛋白质合成。生化信息传递是从细胞核中的 DNA,到作为信使的 RNA,再到细胞质中发生的蛋白质合成。

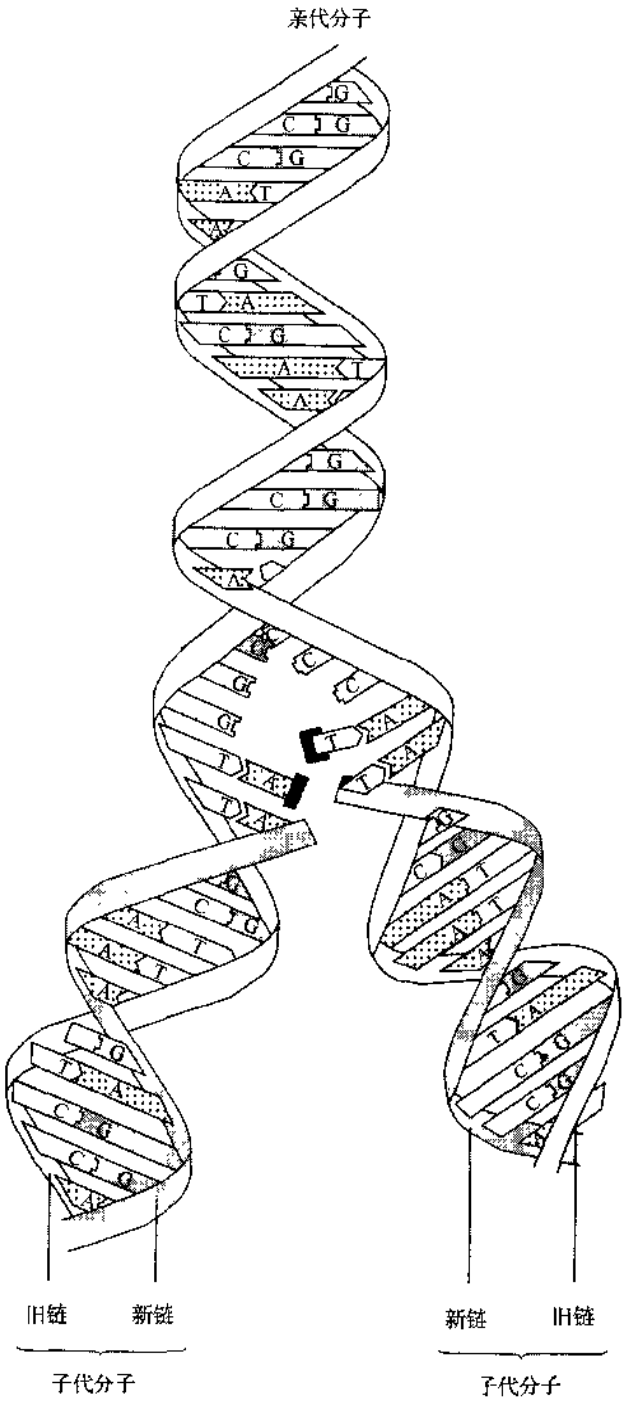


图7-2 DNA分子的半保留复制。双螺旋解开，每一条DNA链作为合成一条新链的一个模板，遵照互补碱基对原则合成DNA。然后亲代DNA链与一条新的DNA链组成一个新的DNA双螺旋。

蛋白质合成

7.15 基因通过蛋白质合成来表达的第一阶段是什么样的?

蛋白质合成的第一阶段归总来说是**转录**(transcription)。当DNA双螺旋在某一点解链时，就表示基因转录开始。基因的核酸"语言"是以DNA分子上碱基序列来表示的。如一个碱基序列可以读为G-C-T-T-A-C-C-G-A-T-T……这是分子的"语言"，最终表现为一个蛋白质中特定的氨基酸序列。

7.16　DNA 的核苷酸语言中有任何特别的编排形式吗?

DNA 的核苷酸语言是以三个碱基一组编排的形式称为**三联体密码**(triplet code)。每一组三个碱基将最终编码一个氨基酸。三个核苷酸组成的序列(例如 CGA),是最小的编码一个特定氨基酸的遗传密码。

7.17　三联体密码怎样传递到 RNA?

DNA 的三联体密码传递到 RNA 分子上,RNA 就是由称为**密码子**(codon)的三碱基密码组成的连续序列。密码传递发生在细胞核中的转录过程。通过类似 DNA 的合成过程,从 DNA 分子[①]转录 RNA。以活性 DNA 链的一个单链为模板,以互补碱基配对合成新的 RNA 链。注意置入的是尿嘧啶(U)而非胸腺嘧啶(T),因 RNA 中无胸腺嘧啶。图 7-3 显示转录模型。RNA 的核苷酸然后通过 **RNA 聚合酶**(RNA polymerase)连接在一起合成 RNA 分子。

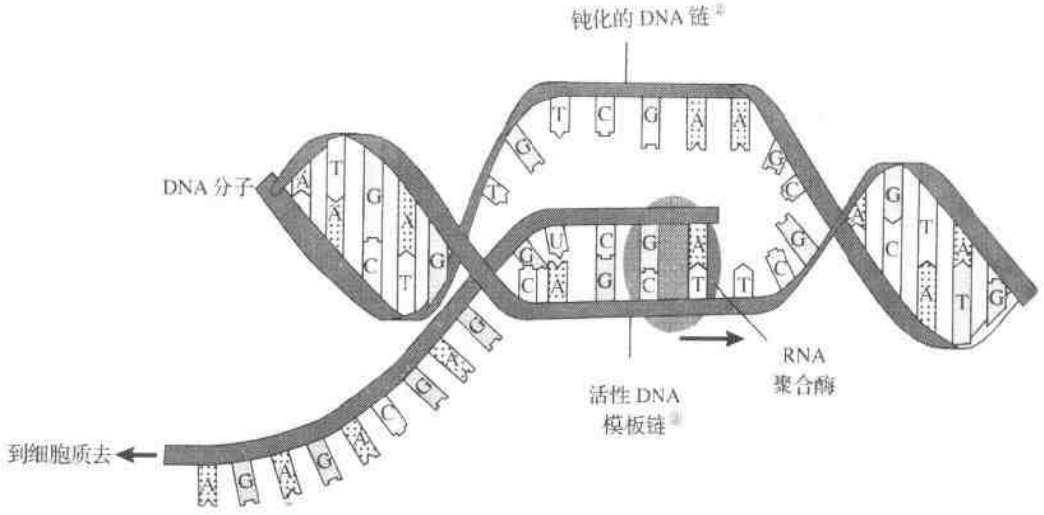


图 7-3　DNA 的三联体密码传递到信使 RNA(mRNA)分子上。一个单链 DNA(模板链)作为模板产生一个互补的 RNA 链。这个过程由 RNA 聚合酶催化。此过程称为转录。

7.18　给转录过程中这样产生的 RNA 分子取什么名字?

从 DNA 信息中形成的 RNA 分子称为**信使 RNA**(messenger RNA)分子,因为它将携带遗传信息至细胞质。原核生物细胞没有真正的核,mRNA 在称为拟核的区域产生。在真核生物中,mRNA 在核中合成。

7.19　mRNA 合成是随机的事件吗?

RNA 的合成是一个高度有序的事件,它有一个"开始"的信号,称为**启动子**(promoter)。启动子区域是 DNA 分子上与基因相邻的一个含氮碱基序列。当 RNA 聚合酶识别并结合到启动子区域时,转录开始。经过一段时间的 RNA 延伸后,RNA 聚合酶到达 DNA 分子上称作**终止子区域**(terminator region)的部位。这个区域是基因结束的信号,最后 mRNA 合成终止。

7.20　mRNA 如何离开 DNA 的这个区域?

在原核生物如细菌中,mRNA 合成在细胞质中发生,mRNA 分子从 DNA 游离下来,到蛋

① 以 DNA 分子为模板。——译者注
② 有义链,非模板链。——译者注
③ 反义链。——译者注

白质合成的区域。在真核生物中，mRNA 分子穿过核孔离开核，携带遗传信息到细胞质。如图 7－4 所示，mRNA 分子是密码子的聚集。每个密码子编码某种特定氨基酸。

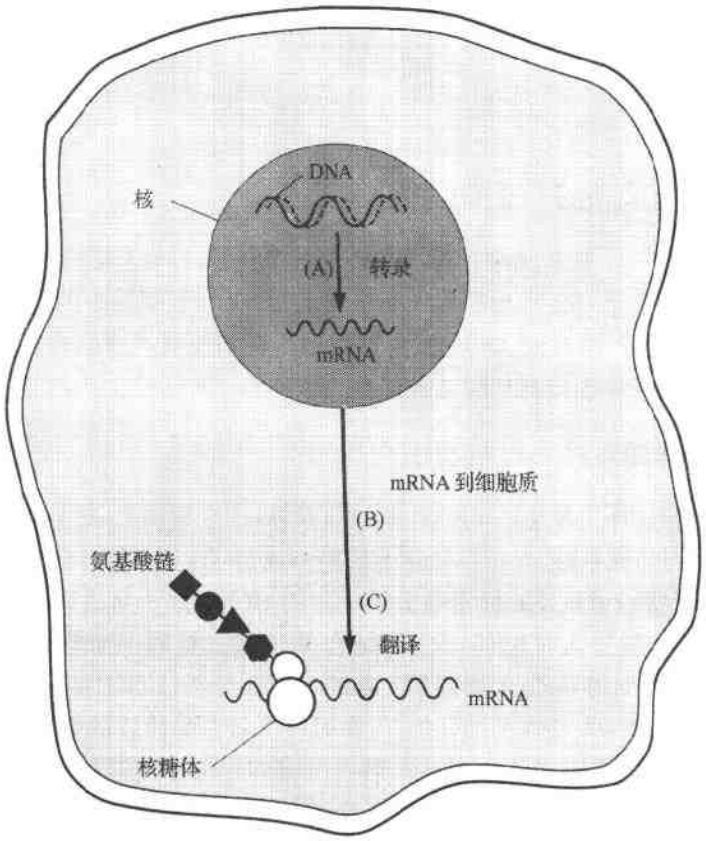


图 7－4　DNA 活动和蛋白质合成总览。(A) 转录时，DNA 分子转录它的遗传信息给信使 RNA (mRNA)；(B) 真核生物细胞中，mRNA 离开核，携带着蛋白质合成的信息移动到细胞质；(C) 在核糖体上，mRNA 的遗传信息用来决定翻译过程中肽链内氨基酸的位置。

7.21　mRNA 分子正如 DNA 分子指定那样被精确使用吗?

在原核生物中，mRNA 分子精确用于蛋白质合成[①]。在真核生物中，mRNA 分子的某些区域要被剪切掉。这个区域称为**内含子**(intron)。留下的区域称为**外显子**(exon)，外显子连接一起形成最终的 mRNA 分子。因此，在真核生物中，mRNA 分子是有用的片段或外显子的聚集。

7.22　mRNA 分子移动到何处进行蛋白质合成?

蛋白质合成发生在细胞质中超显微小体称为**核糖体**上。原核生物核糖体游离漂浮在细胞质中，而真核生物，多数核糖体黏附在与细胞膜相联系的内质网上。核糖体由 RNA 和蛋白质组成。

7.23　蛋白质合成实际上是怎么发生的?

在蛋白质合成中，mRNA 分子中的信息被翻译为蛋白质中的氨基酸序列。这个过程称为**翻译**(translation)，需要许多酶，需要提供储存于 ATP 的化学能和其他类型的称为转运 RNA 的 RNA。

① 编码蛋白质的 mRNA 翻译前不需要经过任何的加工处理。　译者注

7.24 什么是转运 RNA?

转运 RNA(transfer RNA, tRNA)是一个大致像三叶草形状的小分子。该分子有一个关键的由三个含氮碱基的序列,称为**反密码子**(anticodon)。某一个特定 tRNA 分子的反密码子是与 mRNA 分子某处的密码子互补配对的。在蛋白质合成中,密码子将与tRNA分子上反密码子互补配对完成合成过程。

7.25 tRNA 分子如何完成它们的功能?

20 个氨基酸中每一个氨基酸都有其特定的 tRNA 分子,如氨基酸中的甘氨酸有只连接甘氨酸的 tRNA 分子。这个 tRNA 分子将不会连接其他 19 个氨基酸中的任何一个氨基酸。与此相似,氨基酸如丙氨酸、酪氨酸、缬氨酸、色氨酸和所有其他氨基酸也有特定的 tRNA 分子。这些 tRNA 分子和翻译中连接氨基酸功能有关。

7.26 生物中翻译通过什么过程发生?

翻译在细胞的核糖体上发生。mRNA 到达核糖体,在核糖体上遇到 tRNA 分子。不同的 tRNA 分子结合不同的氨基酸。mRNA 分子的单一密码子(如 GCC)在核糖体上暴露出来。具有与 mRNA 分子密码子互补的反密码子(CGG)的 tRNA 分子与之靠接。tRNA 分子装载相应于密码子的氨基酸进入核糖体 tRNA 结合的位点。然后一个新的 mRNA 上密码子(ACG)暴露出来,另一个与 mRNA 密码子互补的 tRNA 分子(UGC)接近这个密码子,于是带着第二个氨基酸进入核糖体 tRNA 结合位点,在第一个氨基酸位置的旁边连接。两个氨基酸之间形成了共价键,它们连成了一个二肽。第一个 tRNA 分子离开核糖体,再进入细胞质与另一个氨基酸结合。同时,第三个 tRNA 分子带着第三个氨基酸进入 mRNA 分子的邻近位置,在氨基酸和最初二个氨基酸间形成一个键。结果形成了三个氨基酸的三肽。该过程如图 7-5 所示。

7.27 肽链如何继续延伸?

肽是核糖体上制造的小蛋白质。连续的 tRNA 分子和与其相应的氨基酸的接近,形成 mRNA 的密码子与 tRNA 反密码子间配对。这样,特定的氨基酸带进核糖体的位点,掺入到正延伸的肽链。全过程由 ATP 供给能量。特定的酶[①]负责把其特定氨基酸加到 tRNA 分子上。

7.28 核糖体通过什么过程将氨基酸连结到正延伸的肽链上?

每一个核糖体在它的两个亚基中的小亚基上有结合 mRNA 的位点,也有结合 tRNA 分子的位点[②]。当氨基酸掺入到正延伸的肽链上时,核糖体的大亚基结合上去,在适当的位置抓住 tRNA 分子。

7.29 mRNA 分子始终都是指导肽链[③]合成吗?

不,肽链是逐步有序合成的[④]。mRNA 分子上含有一个翻译开始的特定密码子,称为**起始密码子**(start codon)。当一个 tRNA 分子结合到起始密码子时,蛋白质合成开始。常常,第一个 tRNA 分子携带的氨基酸是甲硫氨酸。于是氨基酸一个一个加到链上,肽链延伸继续直到

---

① 氨酰 tRNA 合成酶。 ——译者注

② 核糖体的氨酰基 A 位点和肽酰基 P 位点。——译者注

③ 原书写成氨基酸合成,可能有误。——译者注

④ 包括起始、延伸与终止和释放。 ——译者注

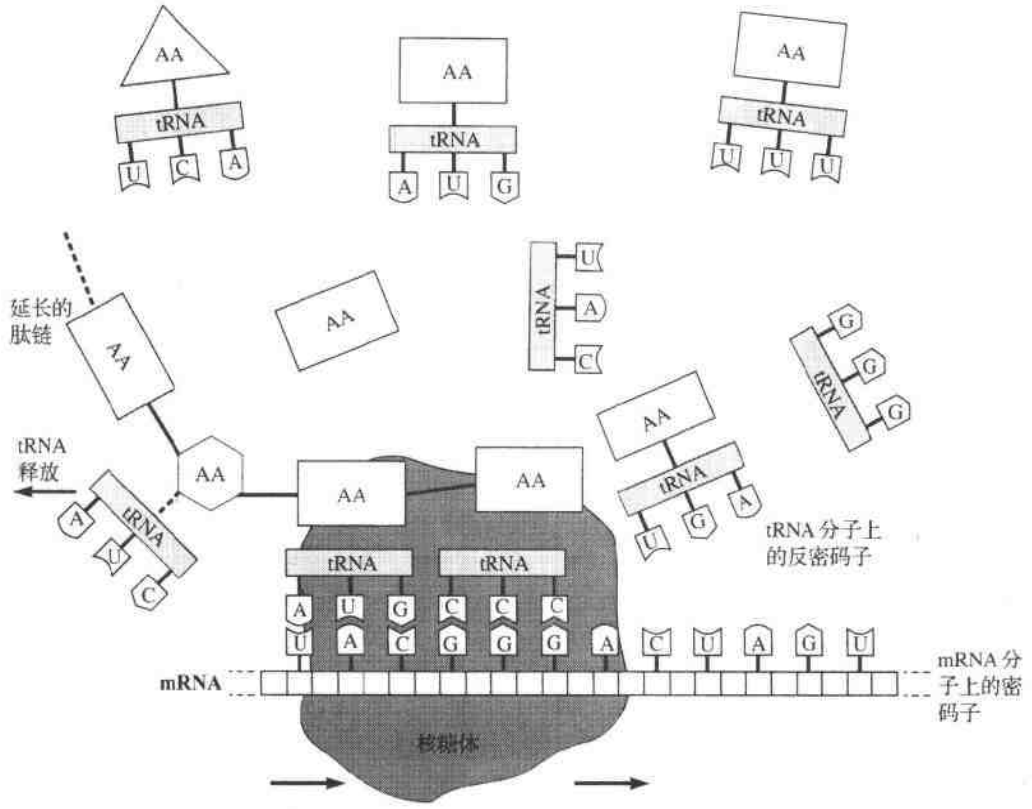


图7-5 翻译。此过程转运RNA分子(tRNA)携带其相应的氨基酸到核糖体上与mRNA相遇。mRNA分子上的密码子与tRNA分子上的反密码子互补,一个氨基酸被放在与前一个氨基酸相邻的位置,肽键形成,新的氨基酸转移到延伸的肽链上。tRNA分子返回细胞质,结合另外相应于其密码子的氨基酸。

mRNA分子上出现**终止密码子**(stop codon)为止。终止密码子是UAA、UAG和UGA。这些密码子表示翻译终止。

7.30 翻译结束后发生什么?

翻译已经结束后,肽链经不同修饰形成最终的蛋白质。肽可以卷曲为**二级结构**(secondary structure),卷曲可以继续折叠或形成折叠片的**三级结构**(tertiary structure)的蛋白质。某些情况下,几条多肽链一起相互缠绕构成**四级结构**(quaternary structure)。最后的分子是功能蛋白质。

7.31 转录和翻译的意义是什么?

转录和翻译解释生物代谢过程蛋白质是如何合成的。它也展示了具有基因功能的DNA如何指导和编码蛋白质的合成。最终形成的蛋白质可以是细胞质的蛋白质、鞭毛的蛋白质、细胞膜的蛋白质,蛋白质毒素或多种具有其他功能的蛋白质。

7.32 遗传密码本质是什么?

遗传密码(genetic code)是一系列三碱基的序列,编码蛋白质链中特定氨基酸,如图7-6所示。氨基酸的密码几乎在所有生物系统中是通用的。通用性是指,如GUU密码子在细菌、真菌、原生动物、植物、动物和人中都编码缬氨酸。研究微生物中基因的表达和遗传密码,有助于我们了解在更复杂的物种中基因如何调控。

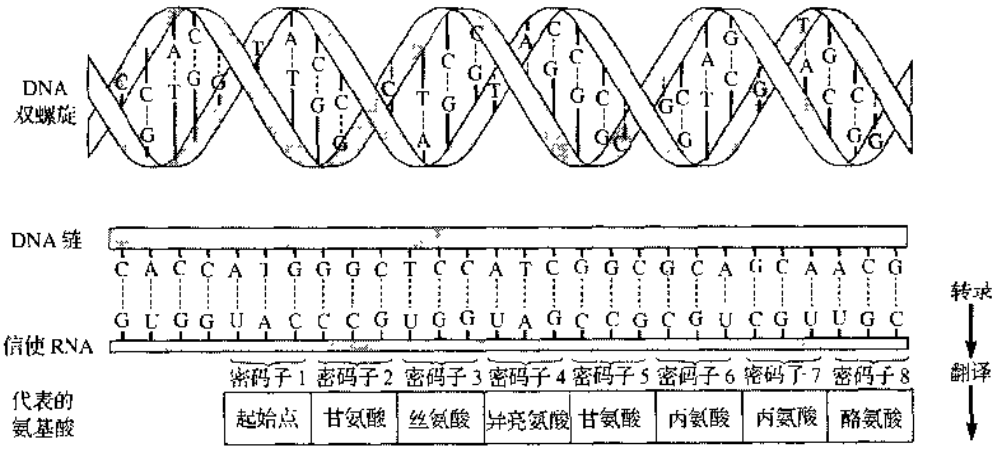


图 7-6 遗传密码。双螺旋 DNA 分子含有组成遗传密码的碱基序列。转录过程中，单链 DNA 传递遗传密码给信使 mRNA。mRNA 分子携带密码到核糖体，在核糖体上密码被翻译成肽链。信使 RNA 分子上的每个密码子特指蛋白质链上的一个氨基酸。

7.33 遗传密码能改变吗?

假如 DNA 分子中含氮碱基序列发生改变，那么遗传密码将会改变，例如一种称为突变的改变。突变可以包括单个碱基对或多个碱基对的改变。

7.34 突变怎样发生的?

突变(mutation)可通过许多方法中的任何一种发生。例如，当复制时在 DNA 分子中插入一个额外的核苷酸，将改变遗传密码。如缺失一个核苷酸，也将改变遗传密码。任何改变含氮碱基结构的化学试剂皆能改变遗传密码。许多化学试剂如甲醛和尿素是已知的可用这种方法引起突变的诱变剂。诱变剂如 X 射线和紫外线，也可通过改变 DNA 的性质引起突变。

基因调控

7.35 在正常细胞中控制基因表达可能吗?

不仅可能，基因表达必须受到控制。细胞中所有基因在所有时候都表达，这在化学上是愚蠢的，因为它将会快速耗尽细胞中的资源。相反的，生活的细胞有复杂的调控系统，靠这种系统，它们能开启或关闭基因。

7.36 举例说明基因调控?

基因调控(gene control)第一流的一个例子是大肠杆菌。负责合成特殊蛋白质的基因簇称作**操纵**子(operon)，这个操纵子包括：一个启动子区域，一个**操纵**基因，一个阻遏基因，一个调节基因和许多实际编码蛋白质的结构基因，如图 7-7 所示。

7.37 大肠杆菌中操纵子怎样工作?

了解最清楚的操纵子之一是编码乳糖酶的操纵子。当乳糖存在时，该酶分解乳糖。当乳糖不存在时，**阻遏基因**(repressor gene)产生阻遏蛋白，结合到操纵基因上。这种结合阻挡了结构基因的表达，使不产生分解乳糖的酶。但是，当环境中存在乳糖时，乳糖分子结合到阻遏蛋白的底物上，阻止了阻遏蛋白和操纵基因的结合。操纵基因现在自由了，它将不阻挡结构基因表达。结构基因编码乳糖酶，乳糖酶作用于环境中的乳糖，准备进行能量代谢。

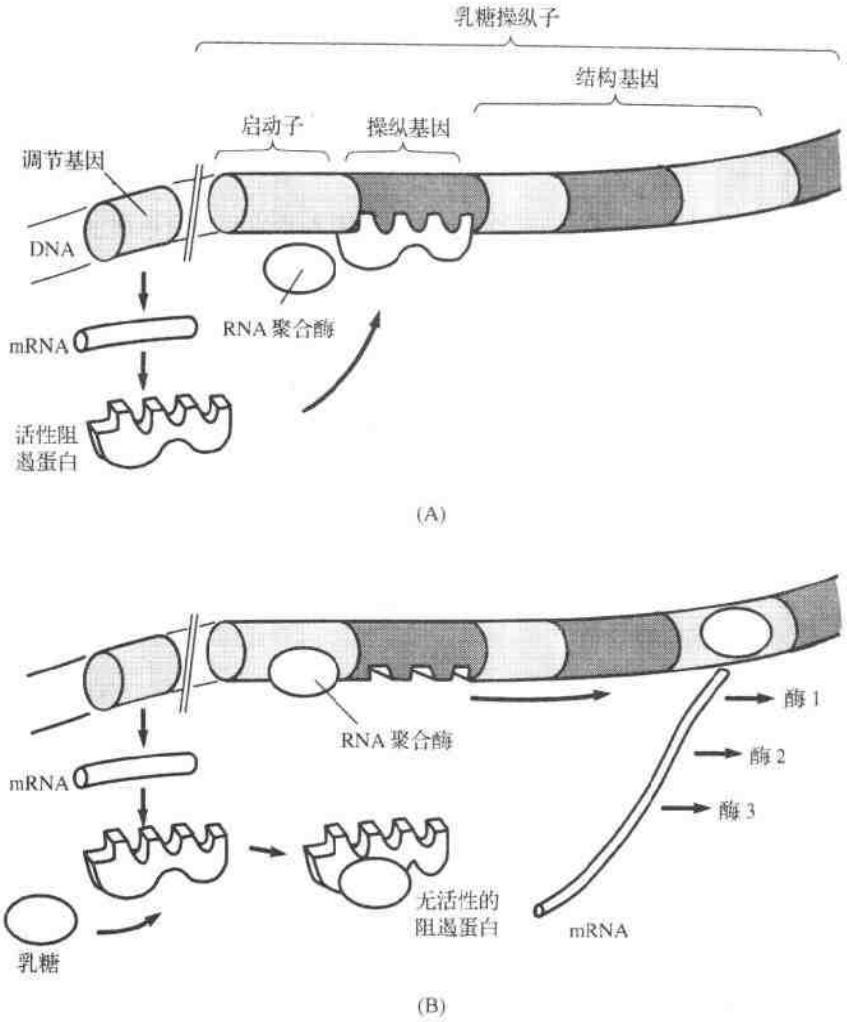


图 7-7　操纵子的调控。(A)操纵子本质上是合成一个或多个酶的基因簇。乳糖操纵子中，当无乳糖存在时，阻遏蛋白与操纵基因结合，RNA 聚合酶受阻，不能转录结构基因催化酶的合成。(B)当环境中有乳糖存在时，乳糖与阻遏蛋白结合，RNA 聚合酶作用启动子和操纵基因，结果合成乳糖降解所需的酶。

7.38　所有微生物中都有操纵子吗?

已知细菌有操纵子，在原生动物、真菌和复杂的生物中有许多更复杂的操纵子。例如，在真核生物中许多基因受不同的染色体上调节蛋白的调控。的确，因为细胞变得更复杂，基因表达水平变得同样复杂。研究基因表达是现代生物化学主要任务之一。

复　习　题

是非题　判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则替换划线的词进行更正。

__ **1.** 碱基腺嘌呤、鸟嘌呤和胞嘧啶存在于 RNA 或 DNA，但只 RNA 中有胸腺嘧啶。

__ **2.** 在真核微生物细胞的染色体中，DNA 是与组蛋白结合形成染色体的。

__ **3.** 在微生物染色体双螺旋构型的 DNA 中，碱基腺嘌呤是与碱基鸟嘌呤互补配对的。

__ **4.** DNA 分子的一个片段或一个区域通常称为一个基因。

__ **5.** DNA 的遗传密码在蛋白质中通过单糖的序列表达它们自己。

__ **6.** 蛋白质合成的第一阶段，称为翻译，DNA 中的遗传信息传递给 RNA 的碱基序列。

__ **7.** 当 DNA 复制时，一条新链通过称为半保留复制的方法与一条旧的 DNA 链结合。

__8. 在蛋白质合成中从 DNA 接受遗传密码的 RNA 分子称作转运 RNA。
__9. 原核生物细胞染色体 DNA 位于细胞中称作细胞核的区域。
__10. 使用 DNA 中的遗传信息，开始合成 RNA 的起始信号称为启动子。
__11. 在真核生物中形成最终 RNA 分子前，从已经产生的 RNA 分子中剪切掉的区域称为外显子。
__12. 氨基酸连接合成蛋白质分子确实发生在称为中心粒的细胞内小体上。
__13. 通过称为引导 RNA 的 RNA 片段，氨基酸被移交到蛋白质合成的部位。
__14. 通过互补 RNA 分子的密码子与反密码子的配对，氨基酸被装载到核糖体上互相靠接。
__15. 信使 RNA 分子有密码子 GAC，将与有反密码子 CTG 的转运 RNA 相匹配。
__16. 在核糖体颗粒上由氨基酸制造的小蛋白质称为甘油酯。
__17. 真核微生物的核糖体黏附在线粒体的膜上。
__18. 为了将氨基酸连在一起形成蛋白质，必须提供贮存于 ATP 的化学能。
__19. DNA 分子中含氮碱基序列的改变引起突变。
__20. 细菌中负责合成特殊蛋白质的基因簇称为密码子。

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 微生物中蛋白质合成是(　　)的一个方面。 (a)分解代谢 (b)光合作用 (c)合成代谢 (d)化学渗透
2. DNA 和 RNA 二者的化学结构单元是(　　)。 (a)氨基酸 (b)核苷酸 (c)酶分子 (d)NAD和 FAD
3. 下面所有特征皆适用于胞嘧啶和胸腺嘧啶，除了(　　)之外。 (a)两者皆为含氮碱基 (b)两者皆为嘧啶分子 (c)两者皆可在 RNA 中发现 (d)两者皆可在 DNA 中发现
4. 下面所有特征皆适用于细菌的 DNA，除了(　　)之外。 (a)拟核中浓缩的 DNA (b) DNA 中含有组蛋白 (c)DNA 是一个单个、闭环的构型 (d)DNA 含有遗传密码
5. 染色体中的 DNA 双螺旋结构中，胞嘧啶碱基对面的碱基为(　　)。 (a)腺嘌呤 (b)胸腺嘧啶 (c)胞嘧啶 (d)鸟嘌呤
6. 当 DNA 复制时，原来旧的 DNA 链之一(　　)。 (a)与另外原来旧的 DNA 链结合 (b)断裂为结构单元核苷酸 (c)与一条新的 DNA 链结合 (d)为进行能量代谢转化成糖类分子
7. 由氨基酸构建蛋白质，指导信息传递从 DNA 到(　　)。 (a)一个 RNA 分子 (b)含有 FAD 的一个酶分子 (c)一系列酶蛋白 (d)细胞膜中蛋白质合成场所
8. 一个单个的氨基酸是由一组(　　)编码的。 (a)三个酶 (b)三个核苷酸 (c)三个反密码子 (d)三个 ATP 分子
9. 蛋白质合成中有终止子和启动子功能的区域在(　　)。 (a)内质网上 (b)DNA 分子中 (c)核糖体上 (d)核膜上
10. 真核微生物中信使 RNA 分子是(　　)分子的聚集。 (a)内含子 (b)酶 (c)蛋白质片段 (d)外显子
11. 转运 RNA 分子存在于正进行代谢的细胞的(　　)中。 (a)核 (b)线粒体 (c)细胞质 (d)高尔基体
12. 翻译和转录一般是(　　)过程中再细分的过程。 (a)DNA 复制 (b)糖酵解 (c)蛋白质合成 (d)电子传递
13. 为了在正进行代谢的细胞中合成蛋白质，下面的因子是需要的，除了(　　)之外。 (a) ATP 分子 (b)酶 (c)信使 RNA 分子 (d)脂肪酸分子
14. 细胞中发生的突变大多数常由于(　　)。 (a)改变遗传密码 (b)取消 ATP 供应 (c)分解酶分子 (d)没有提供葡萄糖分子

15. 大肠杆菌中编码一个酶的操纵子是(　　)的例子。 (a)酶在细胞中如何工作 (b)基因如何在细胞中调控 (c)细胞中蛋白质如何转变为能量化合物 (d)真核生物如何从原核生物进化

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 真核微生物如真菌和原生动物中的_____与组蛋白结合形成染色体。
2. RNA与DNA的一个差别是RNA分子中存在的糖类为_____。
3. 当亲代生物DNA复制和一个复制子移动到子代细胞时,亲代生物传递其_____给它们的子代。
4. 当DNA复制时,称为_____的酶将核苷酸分子连接一起构成新的DNA链。
5. 遗传密码通过新蛋白质中存在的_____序列来实现表达。
6. DNA的核苷酸语言由一组组的_____个碱基(称作三联体密码)构成。
7. 遗传信息从DNA分子传递到mRNA分子的过程称为_____。
8. 原核生物细胞缺少_____,而mRNA在拟核中合成。
9. 原核生物中_____分子当它合成时就被利用,而真核生物则要经过修饰。
10. 转运RNA分子大致像三叶草的形状,其功能为转运_____到核糖体中。
11. 大约有_____种不同的氨基酸用于构成细胞中的蛋白质。
12. 在每一个核糖体的小亚基上,有一个mRNA分子的_____。
13. 当蛋白质卷曲时,构成了它的_____结构。
14. 当DNA分子上的_____序列发生改变时,突变可以产生。
15. 在一般的细菌如_____中,操纵子已进行了深入的研究。

(林稚兰 译)

第8章 微生物的遗传

内　容

微生物遗传与微生物 DNA 发生的生物化学改变有关。这些改变带给微生物新的特性，而且影响着这些生物的生理学。本章内容是：

1. 阐明突变和重组是发生在微生物基因中的两个主要改变。
2. 讨论微生物的突变效应和突变是如何发生的。
3. 阐明 DNA 重组的意义和识别微生物基因重组的三种一般方法。
4. 明确转化的特性，注意质粒在转化过程的重要性。
5. 概述细菌接合的几个阶段与所涉及的各种状态 DNA 的关系。
6. 了解病毒(类型)在转导重组过程的重要性。
7. 阐明基因工程过程与基因工程操作有关的结构和酶。
8. 通过基因工程药物验证的几个例子，阐述细菌基因工程的实践意义。

原理和问题

8.1　微生物遗传的物质基础是什么?

微生物遗传的研究与微生物的染色体和染色体外的其他遗传成分的 DNA 有关。DNA

图 8-1　一位科学家在密封的正压实验室进行微生物遗传实验的照片。为了防止突变生物从实验室逃逸，避免科学家被感染，像这样的预防措施是重要的。

再细分的功能单位称为基因[①]；微生物遗传与微生物基因改变直接相关。图 8－1 示在空气流通受到控制的环境中进行微生物遗传实验。

8.2　微生物的基因可发生哪些类型的改变？

基因可发生两种主要类型的改变：第一种，发生永久性的改变称为**突变**(mutation)。突变通常是由于化学或物理因素影响基因并改变基因的特性；第二种，微生物获得或丢失遗传物质而引起的改变。遗传物质的这种改变称为**重组**(recombination)。

突　　变

8.3　微生物的突变有什么不同类型[②]？

微生物的 DNA 可生各种类型突变。如单个含氮碱基丢失或被不同的碱基置换，这种突变称为**点突变**(point mutation)。点突变可引起蛋白质中一个单个氨基酸的改变(第 7 章)。另一类突变是**缺失突变**(deletion mutation)，微生物染色体一个整个区域丢失[③]。还有另外一种**倒位突变**(inversion mutation)，染色体某一段 DNA 被倒转 180 度，与原来同一个 DNA 片段置换。最后，**插入突变**(insertion mutation)，是一种微生物染色体中间被一个完全新的核苷酸序列插入的突变。

8.4　微生物有哪些类型的突变效应？

假如 DNA 发生永久性的改变，其效应将会在蛋白质合成中看到。例如，可能不产生重要的酶，或可能不合成结构蛋白，或不产生功能蛋白如纤毛或鞭毛。对微生物所致的突变效应可以是不同的，从无效应到较小效应到微生物致死效应。

8.5　已知哪些化学和物理诱变剂引起突变？

任何可引起微生物 DNA 突变的物质称为**诱变因素**(mutagenic agent)或**诱变剂**(mutagen，致变物)。如化学因素尿素、酚和各种酸能为诱变剂。如物理因素紫外线或 X 射线也可以是诱变剂。

8.6　突变有多少不同种类[④]？

按发生方式分突变一般有两种类型：自发突变和诱发突变。**自发突变**(spontaneous mutation)是自然发生的，没有人类干预，可以是由于日光中的紫外线或土壤中的化学物质引起。**诱发突变**(induced mutation)在实验室中研究者们对微生物使用诱变剂时产生的突变。

8.7　诱变剂如何作用于微生物？

诱变剂可以诱导各种类型的点突变，如紫外线引起 DNA 中相邻胸腺嘧啶碱基彼此结合(图 8－2)。这种结合阻止了碱基在形成 mRNA 分子时行使功能[⑤]，使得不能产生正常蛋白质。另一类突变是**移码突变**(frameshift mutation)，是由化学诱变剂如亚硝酸、甲醛和吖啶染料引起。这种化学药物引起 DNA 分子中一个或两个碱基[⑥]丢失，三联体密码序列缺失(也就是说，读码移位)。

---

① 基因是具有遗传因子效应的 DNA 片段，遗传物质的最小功能单位。　译者注
② 按遗传物质结构改变分。——译者注
③ 一个基因的部分或全部序列被移去。－　译者注
④ 按发生方式分。—— 译者注
⑤ 碱基不能正常掺入和配对。　——译者注
⑥ 原文为两个碱基中的一个，可能错误。－　－译者注

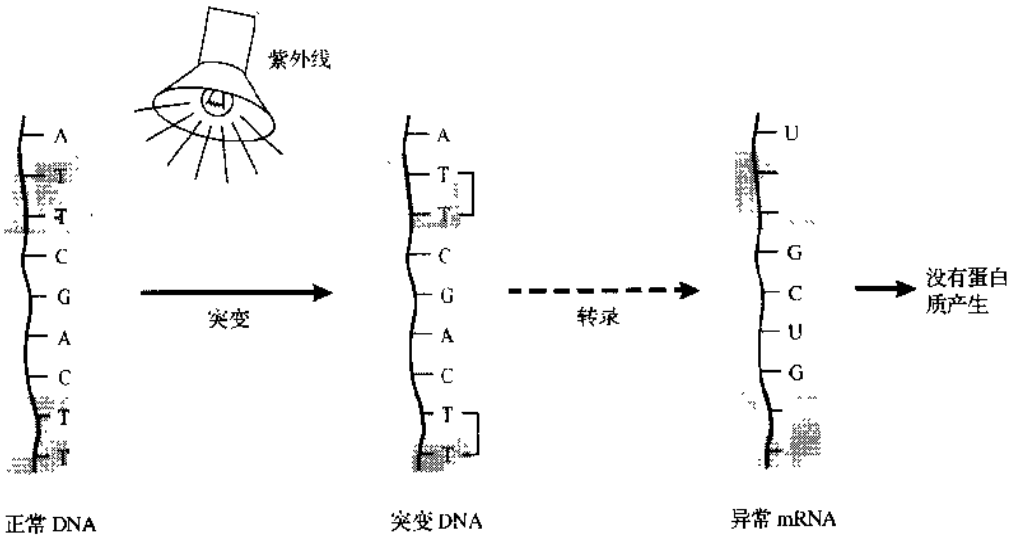


图 8-2 紫外线突变。当紫外线直接照射细菌时，辐射引起正常 DNA 分子相邻胸腺嘧啶分子彼此结合形成二聚体。在突变的 DNA 中，结合的胸腺嘧啶分子不能发挥功能去指导形成 mRNA 分子，结果产生一个异常的 mRNA 分子。mRNA 分子损伤，阻止产生正常的蛋白质。

8.8 微生物中的突变能逆转(回复)吗?

某些情况下，突变能逆转(回复)。例如，在突变时当相邻胸腺嘧啶分子结合形成二聚体时。在可见光和修复酶[①]存在下，细菌的光复活酶结合到二聚体上，借助光能使邻胸腺嘧啶二聚体重新解聚为单体，而修复此损伤。胸腺嘧啶分子在其原来构型上发生了重建作用，并修复了突变。

8.9 微生物中突变的长期效应是什么?

突变是微生物进化的推动力。例如，药物抗性细菌的出现大概是由于几个世纪前细菌已经发生了突变。但是，直到 20 世纪第一次使用抗生素，药物的抗性能力才表达出来。突变的那些细菌当暴露在抗生素上时能够存活，通过繁殖产生抗药性细菌种群。这种表现是自然选择的结果。

重　组

8.10 把突变与重组相比怎么样?

突变是微生物中 DNA 的永久性改变，重组指的是获得新的 DNA 片段。获得的 DNA 片段可以是环境中的 DNA 片段或者其他微生物供体的 DNA。

8.11 什么是重组 DNA?

当重组发生时，新的基因或重组的基因加到那些已有的微生物中。新的经重组的 DNA 称为**重组 DNA**（recombinant DNA），因为 DNA 已经“重组”了。

8.12 微生物中怎样实现重组?

微生物中重组一般有三种方法：转化、接合和转导。这些方法，已经在细菌中进行了较为透彻的研究，但在真菌、原生动物和单细胞藻类中还没有。有关这些微生物的重组情况还不确知。

① 光复活酶。——译者注

8.13　转化所包括的重组过程是什么?

受体细菌从周围环境直接吸收 DNA 片段称为**转化**(transformation)。细胞死亡后,从供体细菌中释放 DNA。因为核酸紧密聚集在细菌的拟核区,当细菌死亡时,DNA 便散发在环境周围。

8.14　所有细菌都能从环境中吸收 DNA 片段吗?

只有能够吸收 DNA 片段的细菌才被称为**感受态细胞**(competent cell)。细菌的感受态取决于其生化成分①,而且它是与供体细菌 DNA 片段密切相关的。但在实验室,细菌的感受态则可通过在 $CaCl_2$ 存在的情况下交替热激活、冷休克的人工诱导方法实现。

8.15　细菌中发生的转化特性是什么?

当转化时,一个大的 DNA 片段结合到感受态细胞表面的受体位点上。然后这个片段经过生化剪切变成小片段,通过酶的作用,推动小片段至准备与细菌染色体重组的受体细胞,单链 DNA 分子用于转化,它置换受体细胞一小段的单链 DNA 分子。该过程概述如图 8-3 所示。

8.16　染色体是细菌进行转化的惟一部分吗?

细菌具有染色体外的环状 DNA 称作**质粒**。质粒是小的、能自我复制的、大约 10～50 个基因的环状 DNA。它们不是细菌存活的必要成分。在转化中所需的新的 DNA 片段可以加入到细菌的质粒,或从环境中取得的完整的质粒 DNA。

8.17　哪些细菌被验证有转化作用?

最早的转化实验是 1928 年 Frederick Griffith 在细菌的肺炎链球菌中完成的。Griffith 证实,这些细菌能从无荚膜的形态转化成有荚膜的形态。其他已研究生物中实现转化的有大肠杆菌和嗜血菌属(*Haemophilus*)、芽孢杆菌属和假单胞菌属(*Pseudomonas*)中的某些种。

8.18　接合与转化如何区分?

接合(conjugation)与转化是不同的。接合中两个活的细菌相互连在一起,供体细胞提供它的 DNA 给受体细胞。接合一般包括质粒。供体细胞指的是 F^+ 细胞,受体细胞称为 F 细胞。供体与受体间转移的 DNA 被认为是有致育性的或是 F 因子。一般,F 因子是一个质粒。具有 F 因子可使细菌作为供体,而缺少 F 因子表明为一个受体菌。

8.19　细菌中发生接合的几个阶段是什么?

当接合时,供体细胞和受体细胞聚集,通过一个称为性纤毛的纤丝结构把两者连接在一起。细胞之间形成一个接合管,F 因子(质粒)在供体细胞中复制。然后 F 因子通过接合管移动至受体细胞。受体细胞此时变成了一个供体细胞,因为它现在也有了 F 因子。图 8-4 描述了这个过程。

8.20　细菌染色体参与接合吗?

某些情况下,F 因子(质粒)可整合在细菌染色体上。这种染色体上整合有质粒的细菌所产生的细胞叫做 Hfr 细胞,或高频重组子。当 Hfr 与 F^- 细胞间发生接合时,DNA 经过复制,一条染色体在 F 因子进入的位置断裂。由 F 因子引导,断裂的染色体通过接合管转移至受体

① 感受态是细胞一定生长阶段的生理特性。——译者注

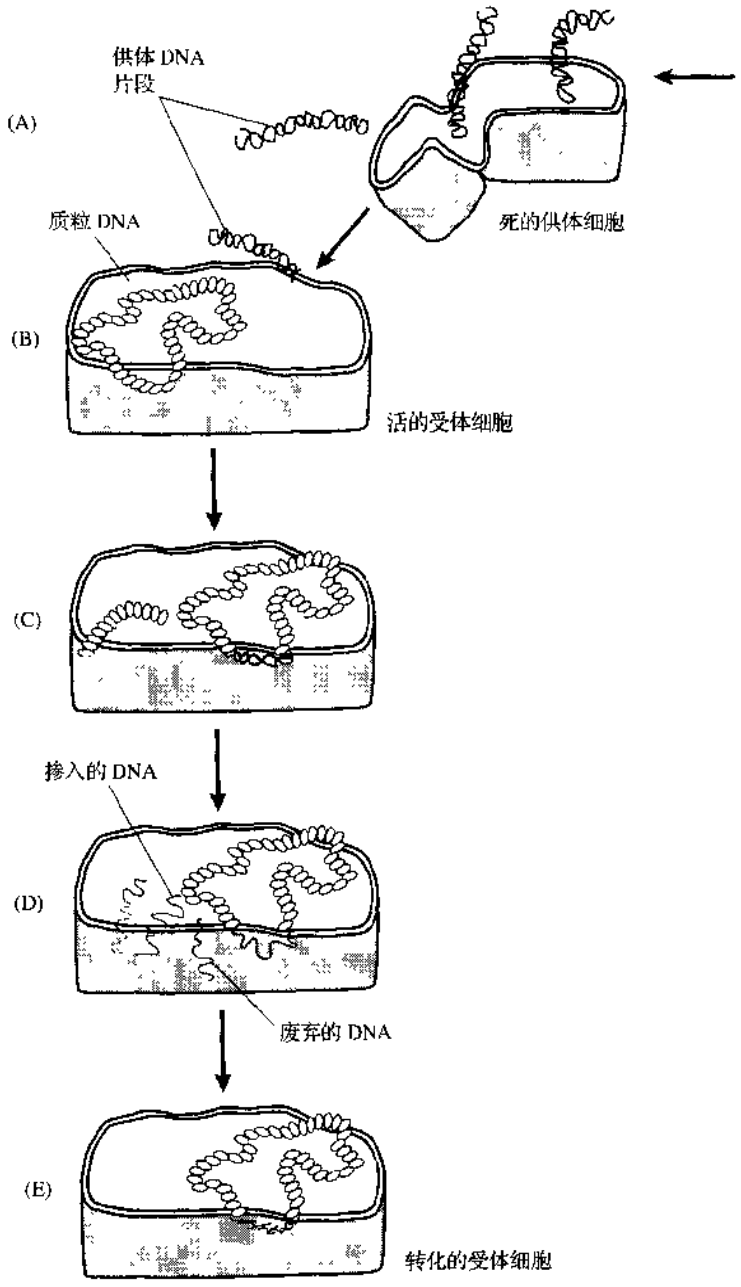


图 8-3　细菌转化。(A)细菌裂解,它的 DNA 释放于周围环境;(B)一个活的、有一个受体区域和吸收供体 DNA 片段的感受态细菌,酶携带 DNA 片段进入细胞;(C)在受体细胞中,细胞质中 DNA 片段保持完整;(D)DNA 片段的一个链裂解,剩下的链整合至受体细菌的 DNA 中,因此,置换了受体细菌相似的一小段单链 DNA 分子;(E) 受体细胞实现了转化。

细胞。极少数例子,整个染色体通过接合管转移进受体细胞,但一般多数,只有一部分 DNA 转移到受体。然后受体变为 F^+ 细胞,因为它有 F 因子[①]。它也含有几个供体细胞来的基因。这样,受体菌实现了重组。

8.21　重组菌在群体上优于其他细菌吗?

重组细菌获得在其他细菌中没有发现的基因组合,它获得了新的生物化学能力。它将经

① Hfr×F^-→多数情况下变为 Hfr 细胞和 F^- 细胞,因为 F 因子跟随在染色体后才转入受体菌,转移可随时中断,故受体菌不变为 F^+ 细胞。——译者注

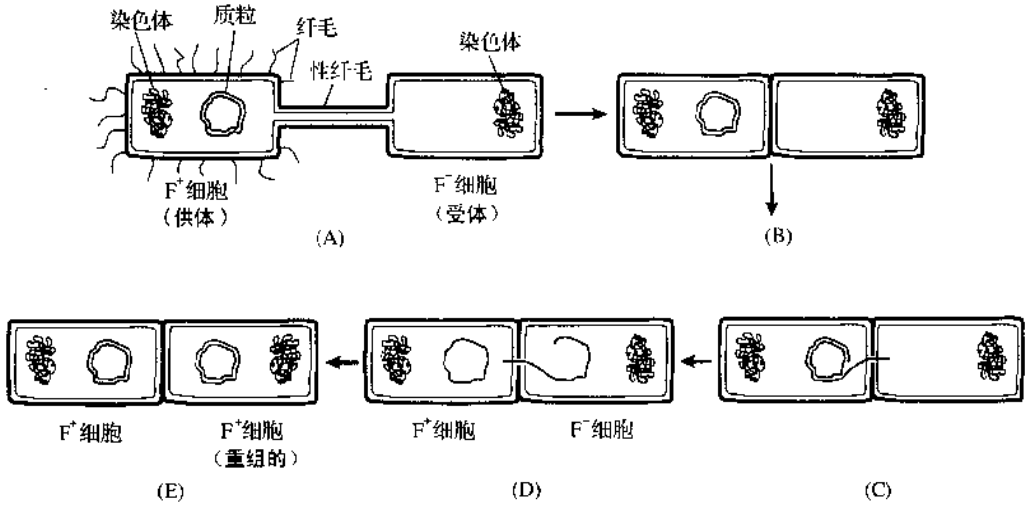


图8-4 细菌接合。(A)供体细胞 F^+ 通过性纤毛结合至受体细胞 F^- 上,供体细胞有纤毛,而受体细胞无纤毛;(B)性纤毛将两个细胞彼此紧密连接在一起;(C)供体细胞的质粒复制,由单链DNA组成的一个拷贝,通过接合管移动至受体细胞中;(D)当此拷贝进入受体时,它作为模板,产生第二个单链DNA分子,然后与模板链连接;(E)受体生物现在含有F因子,最终成为 F^+ 供体细胞。

过二分裂繁殖,形成新的结构或合成新的酶。重组结果是产生了一个更适应环境的生物。例如,重组菌可获得药物抗性。

8.22 细菌中还有其他形式的接合吗?

第三种接合类型称为**性导**(sexduction)。F因子首先整合至染色体上,随后,在晚一些时候,从Hfr菌株的染色体上脱落,在这样做时,它误取了一段宿主染色体上的DNA,变成 F' 因子。接合发生时,新的 F' 因子带着细菌的基因转移至受体或转化至受体。如上所述,产生了新的基因重组。

8.23 在哪些类型的细菌中观察到接合?

接合已经在多种革兰氏阴性菌中观察到,但在革兰氏阳性菌种中不多。已经反复研究过大肠杆菌,已知沙门氏菌属(*Salmonella*)、志贺氏菌属(*Shigella*)的一些种和其他革兰氏阴性菌有接合。另外,已知在不同种的细胞间也能发生接合。

8.24 在接合之前质粒间的基因能转移吗?

科学研究指出微生物细胞中的基因可在多个质粒中以及两个质粒间移动位置。这类基因称为**"跳跃基因"**(jumping gene),它能够从质粒移到质粒、从质粒移到染色体或从染色体移到染色体。这种现象是重要的,因为它有助于多重药物抗性细菌的进化。例如,如果药物抗性基因整个转移到一个单个质粒中,有可能单个质粒转移到病原菌的受体中,结果一个病原菌就可以有许多药物的抗性。

8.25 与转化和接合相比,转导怎样?

转导与其他两种重组过程不同,因为它必须依赖一个病毒在供体和受体细菌间转移DNA。

8.26 转导中病毒如何获得转移的DNA片段?

许多细菌病毒经历溶原性周期或潜伏期周期。在此周期中病毒的DNA连接到细菌的染色体上,在宿主染色体上保留一段长的时间。在这种形态中,病毒的DNA称作原噬菌体(前

噬菌体)或"原病毒",原噬菌体或"原病毒"将继续随着宿主染色体复制而复制,保留一部分染色体[①]。迟些时候,原病毒从细菌染色体上脱落,携带许多细菌的基因[②]。现在它进入了裂解周期,在这个周期中,病毒既复制它的 DNA 多次,与此同时也复制错误切割下来的细菌 DNA 多次。病毒脱离细菌侵染第二个宿主菌时,除了携带噬菌体的基因外,也携带了噬菌体掺入后两侧相邻供体菌染色体的 DNA。于是受体菌实现了转导,或者由于获得新的 DNA 片段而发生遗传改变。上述所描述过程称为**局限性转导**(specialized transduction)。

8.27　细菌中发生的转导只有一种局限性转导类型吗?

有第二种类型的转导,称为**普遍性转导**(generalized transduction)。在此过程中,一个病毒进入细菌,并释放它的 DNA。DNA 不整合到细菌的染色体上,而是病毒立即进入它的裂解周期,开始复制。当复制时,细菌染色体的 DNA 被断裂为小片段,某些病毒把细菌的一些片段掺入病毒的基因组中,结果,一小部分病毒携带细菌的 DNA 至受体菌。图 8-5 示普遍性转导过程。

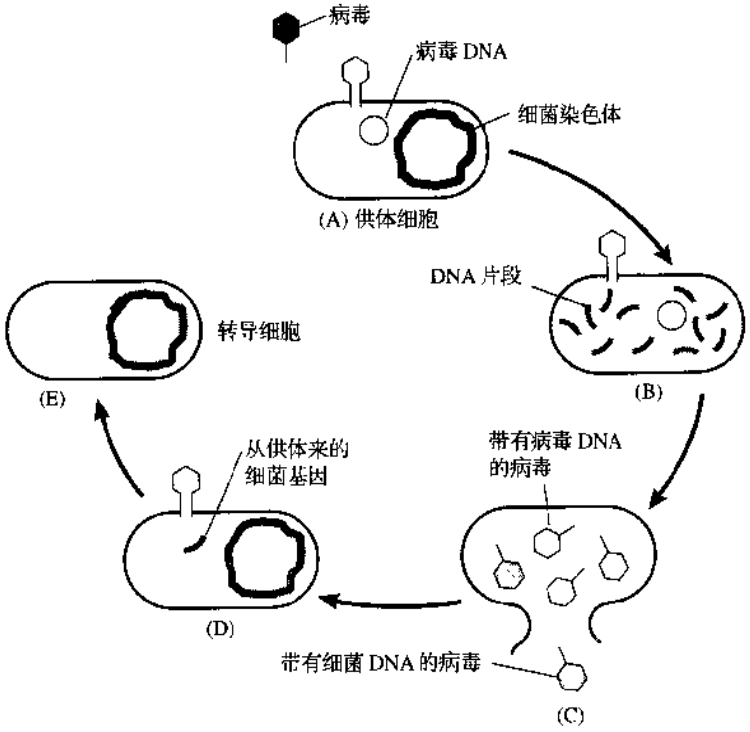


图 8-5　普遍性转导。(A)普遍性转导中称作噬菌体的病毒感染宿主细胞;(B)病毒开始复制周期,也称为裂解周期。此过程宿主 DNA 断裂成小片段;(C)在复制过程,某些新的病毒颗粒[③]误包了细菌 DNA 片段代替通常的病毒 DNA;(D)这些病毒从细菌释放后,它们可以继续感染新的细菌,并注入病毒 DNA[④]至受体;(E)假如这个病毒 DNA[⑤]整合至新的宿主细胞染色体上,前面细菌基因[⑥]被转导了,受体细菌成为一个转导子(重组了)。

8.28　病毒怎样携带传递细菌的 DNA 到受体菌?

当病毒从供体菌释放时,它们进入新的受体菌细胞质中,然后释放病毒 DNA,小部分病毒

① 通常是噬菌体的基因和噬菌体两侧相邻染色体的基因。——译者注
② 由于错误切割。——译者注
③ 病毒外壳。——译者注
④ 误包的细菌 DNA。——译者注
⑤ 携带供体菌基因组任何一部分染色体片段。——译者注
⑥ 供体菌的基因。——译者注

DNA 事实上是供体菌的 DNA。从供体菌来的 DNA 连接在受体菌的 DNA 上。基因开始表达，转导完成。

8.29 细菌中能广泛观察到转导吗?

转导在沙门氏菌属的一些种和它们的病毒中已被反复研究过。转导也在大肠杆菌中研究过，但在其他细菌中并不出现。然而，由于许多细菌可携带病毒、并附着在其染色体上，转导的潜在性仍然存在，例如，白喉细菌中的白喉棒杆菌就具有这种病毒。

基因工程

8.30 什么是基因工程? 它与微生物遗传的关系怎样?

20 世纪 70 年代科学家们已经知道他们能够从人类的利益出发操纵细菌的基因。这种操纵建立了基因工程流程和重组 DNA 技术的基础。从观察细菌的转化和转导，科学家们知道了能从细菌分离出质粒并将外源 DNA 片段插入质粒。然后，利用细菌进行转化的能力，他们发现可将重组质粒插入到新的细菌中，在这些细菌中，基因可以编码不同于平常细菌中形成的蛋白质。

8.31 构建重组质粒什么步骤是必需的?

构建重组质粒的先决条件之一是需一组称为**核酸内切酶**(endonuclease)的细菌酶。这些酶切割 DNA 分子中脱氧核糖-磷酸间的键，因而，打开细菌的质粒或切割细菌的染色体。**核酸内切酶**也称**限制酶**(restriction enzyme)，因为它们打开限制性的位点。限制酶不管什么来源的 DNA，只要其中有某一含氮碱基序列存在，将在此相同位点打开 DNA 分子。现在已知有几百种限制酶。图 8-6 所示为细菌的基因工程流程。

8.32 如何用限制酶构建一个为基因工程所用的新的重组质粒?

科学家们开始时采用细菌(如大肠杆菌)的质粒分子。以后他们又从不同种的生物中获得了 DNA，并且用限制酶打开质粒和外源 DNA。一旦 DNA 分子被打开，质粒的末端与外源 DNA 末端连接，构建成一个大的、含有外源 DNA 的质粒。例如，有可能将金黄色葡萄球菌的 DNA 放到大肠杆菌的质粒中。然后用称为 **DNA 连接酶**(DNA ligase)的酶黏住质粒末端而构成重组 DNA 分子。这样的分子称为**嵌合质粒**(chimera)，也称(异源)嵌合体。然后该嵌合质粒被引入大肠杆菌细胞(在 $CaCl_2$ 中经过热激活和冷体克处理)。当大肠杆菌细胞在新鲜培养基上培养时，它们产生了所有正常的蛋白质和通常在金黄色葡萄球菌中发现的蛋白质。该菌已经基因工程改造来生产外源蛋白质。

8.33 重组 DNA 技术中，人类细胞的基因能在质粒插入吗?

从 20 世纪 80 年代开始，将人类基因插入细菌的质粒已经成为可能。其中插入的第一个基因是人的胰腺激素**胰岛素**(insulin)基因。一旦这个基因插入质粒，质粒放进细菌，细菌便开始生产人类的胰岛素。胰岛素现今已有商业价值，专门用于治疗糖尿病。

8.34 基因工程菌还能生产哪些人类的蛋白质?

20 世纪最后 20 年，许多人类蛋白质已能从细菌中得到。例如，抗病毒蛋白**干扰素**(interferon)已从基因工程菌得到。**人类生长激素**(human growth hormone)基因已经插入细菌，现在这个激素已被制造用于治疗儿童的侏儒症。**凝血因子Ⅷ**(clotting factor Ⅷ)和凝血物质**组织纤维酶原激活物**(tissue plasminogen activator，TPA)也已经通过改变的细菌生产。乙型肝炎和其他疾病的重组疫苗通过插入病毒蛋白的基因至酵母菌质粒，然后诱导酵母细胞表达和

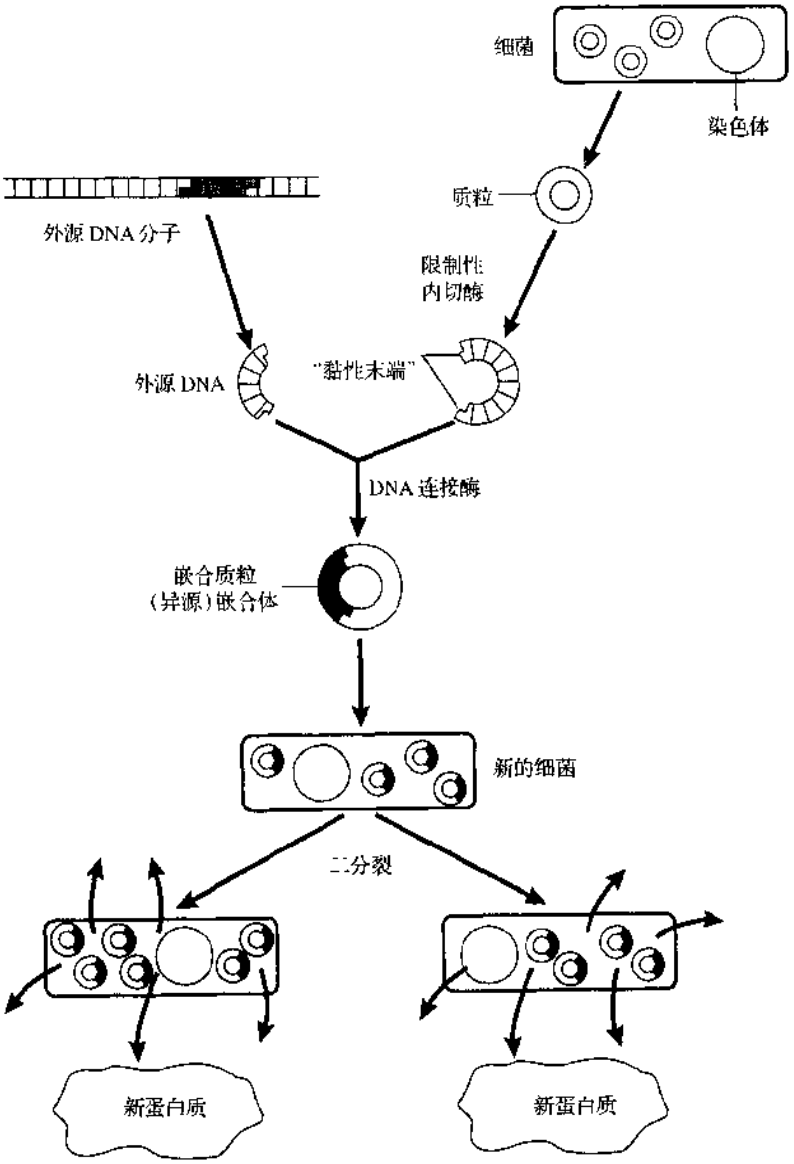


图 8-6　细菌基因工程流程。从细菌中获得质粒，用限制酶在限制性位点打开质粒分子。从异源生物中获得 DNA，用限制酶再在相同位点打开 DNA 分子。DNA 连接酶连接打开的质粒和外源 DNA，构成重组 DNA 分子，称作嵌合质粒。嵌合质粒引入新的细菌，通过自主复制，大量扩增了正常的蛋白质和外源 DNA 特定编码的蛋白质。

生产这种蛋白质[①]。

8.35　基因工程除了工程药物外还有用处吗?

基因工程菌对今后的科学发展将会有重大影响。例如，已将细菌的基因导入烟草植物，使之对除草剂有更好的耐受性。病毒的基因已经导入植物细胞，增加植物对病毒感染的抗性。细菌杀虫剂的基因已经成功引入植物，促进了植物抗昆虫病害。

8.36　除微生物学之外基因工程技术还有应用吗?

基因技术和重组 DNA 技术兴起了现代生物技术(生物工程)这门学科。生物技术正在一些领域应用，如 DNA 指纹分析、基因治疗和农业。例如，基因已被引入番茄细胞，帮助它们抵

① 实际上是中空的病毒颗粒，只含表面抗原蛋白和磷脂。 - 译者注

抗过度成熟、基因已经转移至动物，刺激动物生长。生物工程用于人类的遗传性疾病的鉴定，如囊性纤维化(cystic fibrosis)、阿尔茨海默氏病(Alzbeimer's disease，老年性痴呆)和亨廷顿舞蹈症(Huntington's disease)。此外，人类全基因组碱基序列测序工作已经开始[①]。生物工程在科学史上代表了一个最具创新性和最令人鼓舞的生物科学研究应用领域。

复　习　题

填空题　在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 一个含氮碱基被另一个不同碱基置换的突变称为_____。
2. 在实验室中研究者们对微生物使用诱变剂所产生的突变称为 _____。
3. 当存在修复酶[②]和_____时，突变能够回复(逆转)。
4. 微生物中 DNA 发生永久性改变称为突变，而获得新的 DNA 片段称为_____。
5. 当受体菌从周围环境中吸收 DNA 片段时，该过程称为_____。
6. 能从周围环境中吸收 DNA 片段的那些细菌被认为是处于_____。
7. 细菌从环境中可以获得的染色体外环状 DNA 称为_____。
8. Frederick Griffith 细菌转化的最早实验是在细菌的_____进行的。
9. 接合过程供体细胞称为_____菌株。
10. 接受新的基因或 DNA 片段的细菌被认为是_____。
11. 能够从质粒移到质粒或质粒移到染色体的那些基因称为_____。
12. 两个细菌间发生转导反应时所需的基本成分是称为_____的一个颗粒。
13. 细菌染色体上的任一片段被病毒包裹和携带进受体菌的转导类型称为_____。
14. 转导过程在_____属的一些种中反复研究过。
15. 基因工程最基本的工具之一是有一套切割 DNA 的酶称为核酸内切酶或_____。
16. 基因工程实验中，为了将质粒末端化学黏合，研究者使用的酶为_____。
17. 当一个质粒已被构建含有外源 DNA 时，这个质粒称作_____。
18. 细菌质粒中插入的第一个人类基因是人类激素中的_____基因。
19. 基因工程菌可培养来生产抗病毒蛋白质_____。
20. 基因技术和重组 DNA 技术中新的实验导致现代_____科学的兴起。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 当细菌发生突变时，突变效应能在(　　)中体现。　(a)ATP 利用的速率　(b)营养物质消化速率　(c)蛋白质合成　(d)ATP 吸收进细胞
2. 缺失突变发生(　　)。　(a)染色体一个区域整体丢失　(b)新的核苷酸序列加到染色体上　(c)DNA 片段位置颠倒　(d)一个质粒结合到染色体 DNA 上
3. 细菌中紫外线引起的突变是(　　)。　(a)由于染色体断裂　(b)由于引起移码突变　(c)由于相邻胸腺嘧啶碱基结合在一起　(d)由于 DNA 的一个片段颠倒
4. 细菌重组过程常指(　　)。　(a)物理因素影响而改变基因特性　(b)微生物的回复突变　(c)细胞中的基因缺失　(d)从一个生物中获得 DNA
5. 细菌转化过程不需要(　　)。　(a)受体细胞处于感受态　(b)裂解的供体细胞　(c)病毒　(d)一系列酶
6. 所有下述特征皆适合质粒，除了(　　)之外。　(a)它们是自我复制的 DNA 环　(b)它们有 10～50 个基因　(c)它们是细菌存活所必需的成分　(d)它们是转化所必需的成分
7. 细菌转化的 DNA 分子(　　)。　(a)是单链的　(b)含有尿嘧啶　(c)没有功能性基因

① 人类全基因组碱基序列测序业已完成。——译者注

② 光复活酶。——译者注

(d)含有三个 DNA 链

8. (　　)是细菌接合过程所必需的。 (a)一个活的受体细胞和一个死的受体细胞 (b)高浓度的葡萄糖分子 (c)细菌中增殖的病毒 (d)两个活的细菌

9. Hfr 是(　　)的一种菌株。 (a)含有许多不寻常的质粒 (b)从受体细菌获得染色体物质 (c)一个宿主染色体上整合有质粒 (d)有转导能力

10. 接合时 F 因子进入受体细胞,受体细胞(　　)。 (a)经历裂解 (b)快速繁殖 (c)变成供体细胞 (d)发育出线粒体

11. 细菌接合已在许多种(　　)中观察到。 (a)螺旋体 (b)革兰氏阳性菌 (c)革兰氏阴性菌 (d)蓝细菌

12. 当一个病毒在宿主染色体上保留一段长的时间时,这个病毒的 DNA 称为(　　)。 (a)腺病毒 (b)原病毒 (c)杆状病毒 (d)肠道病毒

13. 下述特性中(　　)与局限性转导有关。 (a)与细菌染色体整合(附着)的病毒 (b)在宿主菌中立即复制的病毒 (c)在宿主菌中不能复制的病毒 (d)进入细菌时 DNA 立即被裂解的病毒

14. 一个已经被转导的细菌含有(　　)。 (a)ATP 的供应增加 (b)许多新的质粒 (c)比原有菌还小的 DNA 片段 (d)新的 DNA 片段

15. 细菌重组是(　　)过程的一个基本特征。 (a)光合作用 (b)化学渗透 (c)基因工程 (d)无氧发酵

16. 生物工程所用限制酶功能是(　　)。 (a)将核苷酸连接在一起 (b)在某一位点切割 DNA 分子 (c)氨基酸结合形成蛋白质 (d)限制质粒进入细胞

17. 嵌合质粒是含有(　　)的 DNA 分子。 (a)RNA 片段 (b)外源 DNA 片段 (c)紧密交织的葡萄糖分子 (d)额外的氨基酸

18. 为了完成基因工程实验,所有下面的条件都是需要的,除了(　　)之外。 (a)新鲜的细菌细胞 (b)DNA 连接酶 (c)细菌的质粒 (d)淀粉和糖原分子

19. 在基因工程细菌生产的许多产物中有(　　)。 (a)蔗糖和淀粉 (b)干扰素和胰岛素 (c)ATP 和 ADP 分子 (d)钠离子和氯离子

20. 基因工程中值得注意观察之一是(　　)。 (a)病毒能在细菌中复制 (b)细菌能够吸收环境中的 DNA (c)细菌能够彼此接合 (d)外源基因能够放到细菌中而且能够表达

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

__1. 突变是细菌染色体发生的暂时性改变。

__2. 倒位突变是指 DNA 片段被同一 DNA 片段所置换,但排列顺序颠倒了。

__3. 细菌的诱变剂中有尿素、酚和葡萄糖。

__4. 自发突变是指那些实验室中科研结果所发生的突变。

__5. 移码突变是由诱变剂引起的 DNA 分子一个或两个碱基丢失而使读码移位的突变。

__6. 细菌中紫外线引起的突变是由于相邻鸟嘌呤分子彼此结合而形成二聚体的突变。

__7. 重组 DNA 是将新的基因加到原来微生物已有的基因组中的基因重组。

__8. 真菌和原生动物中的重组已经很好地研究过,重组过程也已很好地被证实。

__9. 为了在细菌中实现转导,必须利用两个活的细菌。

__10. 感受态的细菌是转化中提供 DNA 给受体菌的细菌。

__11. 质粒是细胞染色体外的环状 DNA。

__12. 在接合过程,通常一个完整的染色体从供体细胞转移到受体细胞。

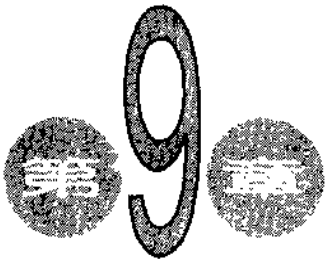
__13. 接合过程的致育因子(F)包括质粒。

__14. 接合过程,质粒移动到受体细胞,没有任何质粒离开供体细胞。

__15. 接合中假如受体细胞接受了 F 因子,受体细胞有可能变为供体细胞。

__ **16.** 跳跃基因是指能够在质粒与质粒之间及质粒与染色体之间发生移动的基因。
__ **17.** 为了实现转导，病毒 DNA 常常需要与宿主菌染色体相连。
__ **18.** 没有病毒的干预，转导是不可能的。
__ **19.** 基因工程完全是一个研究工具，对人类没有任何实际的好处。
__ **20.** 重组质粒关键成分中是 DNA 连接酶，该酶只在某个选择位点打开 DNA 分子。

（林稚兰 译）



微生物的控制

内　容

控制微生物的方法，包括物理方法如加热，化学方法如碘和乙醇，抗生素法如青霉素。这些控制方法用以防止微生物在体表生长或在体表或组织内将它们杀死。本章探讨控制微生物生长的各种有效方法。本章内容是：

1. 认识有关微生物控制剂的因素。
2. 区别各种抗微生物方法如灭菌、消毒和环境卫生。
3. 讨论器械、液体和其他物质加热灭菌的各种方法。
4. 学习干燥和辐射的抗微生物效应。
5. 概述适合灭菌的化学药品和气体方法。
6. 比较醇类、重金属、染料、酸、卤素、过氧化氢和酚类等物质的抗微生物效果。
7. 认识抗生素的来源及它们抑制微生物生长的机理。
8. 讨论微生物产生抗生素抗性的机制。
9. 比较抗生素如青霉素、头孢菌素、氨基糖苷类(抗生素)和四环素的作用方式和来源。
10. 说明各种抗生素的副作用，并指出限制它们使用的缘由。
11. 认识哪些抗生素对抗真菌、病毒和原生动物是有效的。

原理和问题

9.1　为什么必须控制微生物？选择特殊抗微生物剂需考虑的因素是什么？

控制微生物是阻止病原菌感染人体的一个重要方法。对实验室的器械、医院的供应品和工业设备进行灭菌，有助于控制微生物对其的污染。特殊抗微生物剂的选择，取决于待处理的物品种类(活的或无生命的)；被控制的微生物种类(细菌或病毒或其他)；抗微生物剂使用时的环境条件(例如，环境的温度和微生物的数量)；环境的酸度或碱度及存在的有机物的情况。

9.2　用抗微生物剂抑制或杀死微生物有哪些方法？

抗微生物控制剂作用方式多种多样。某些制剂通过凝结微生物细胞质的内含物而破坏细胞，使微生物裂解并分离为可溶性和不溶性物质。另一些制剂通过丢失电子的**氧化**(oxidation)过程，将大分子裂解成小分子。某些抗微生物制剂损伤微生物的细胞壁或细胞膜，这种物理损伤导致死亡。最后，某些抗微生物剂干扰微生物的基本代谢途径。

9.3　有机物质怎样影响抗微生物剂的效果？

没有有机物是成功应用抗微生物剂的一个基本条件。化学药剂能结合有机物如粪便、尿或血，使之变成不起作用的抗微生物剂。此外，有机物质使微生物包上一层外膜，从而保护它们不受抗微生物剂的作用。

9.4　灭菌和其他类型抗微生物剂间有差别吗?

灭菌(sterilization)是指消灭物体中所有的生物,包括微生物芽孢的一种措施。灭菌是一个绝对的术语,表示完全除去所有的生物。

9.5　灭菌与消毒有什么区别?

灭菌指的是消灭所有的生物,消毒仅指除去病原微生物。**消毒**(disinfection)可通过**消毒剂**(disinfectant)或**防腐剂**(antiseptic)来完成,消毒剂是指作用在非生物的物体如器械上的抗微生物剂,防腐剂是指作用在皮肤表面或以某种方式接触身体的抗微生物剂①。

9.6　抗生素与防腐剂或消毒剂有什么区别?

防腐剂和消毒剂是用在体表,**抗生素**是用于体内环境。抗生素必须对寄主无毒、使用浓度非常低,而且不引起变态反应。因为它们在体内作用,抗生素能引起副作用,它们的抗微生物效应一般低于防腐剂或消毒剂。

9.7　与防腐剂、消毒剂或灭菌剂有关的卫生消毒剂是什么?

卫生消毒剂(sanitizing agent)是降低微生物的数量达到公共健康机构确定的安全水平的一种消毒剂。它不像防腐剂或消毒剂作用除去所有的病原菌,也不像灭菌剂作用除去所有微生物。**卫生消毒**(sanitization)可以采用洗涤剂(去污剂)、加热或任何降低环境中微生物数量的试剂进行清洗。

物理因素

9.8　抑制或消灭微生物最容易的方法是什么?

控制微生物数量最容易的方法大概是**加热**。干热如灼烧是最快速和高效的,但是,某些物品如在焚化炉或火上灼烧,就可能没有使用价值了。

9.9　沸水能作为抗微生物剂吗?

水煮沸法(boiling water)是一种有效的抗微生物方法。但不能达到灭菌目的。这是因为一些细菌的芽孢在沸水中煮沸 2 小时以上仍能存活。但是,最普通的、不能形成芽孢的细菌,在沸水中煮几秒钟便死亡。真菌、原生动物、病毒和单细胞藻类也是一样的敏感。

9.10　哪种仪器可用于杀死细菌的芽孢?

当水煮沸时,它转变为 100℃蒸汽。假如蒸汽继续加热至 121℃,它的压力将升到每平方英寸 15 磅压力②。在这种温度和压力下,灭菌大约 15 分钟后,细菌的芽孢将被杀死。这种条件所使用的仪器是极其有用的一件设备,称为**高压灭菌器**(autoclave),也称高压灭菌锅,如图 9-1 所示。高压灭菌器可以是台式的,或可以是相当大的。它用于仪器、毛毯、细菌学的培养基、盐溶液和设备等灭菌。

9.11　烤箱能用于灭菌吗?

在一个普通的干**烤箱**[干热灭菌器(hot air oven)]内,干热空气在微生物体内或其周围发射热量,可达到杀死它们的效果。160℃高温,加热大约 90 分钟可灭菌。干热较湿热(如高压

---

① 消毒剂是指杀死非生物材料上的微生物,一般指杀死或灭活物质或物体中的病原微生物;防腐剂指杀死或抑制微生物生长的一种措施,但对于动物或人体组织无毒害作用。原书所写可能将防腐剂和消毒剂混淆。　——译者注

② $1 bp/in^2 = 1.034 \times 10^5 Pa$。——译者注

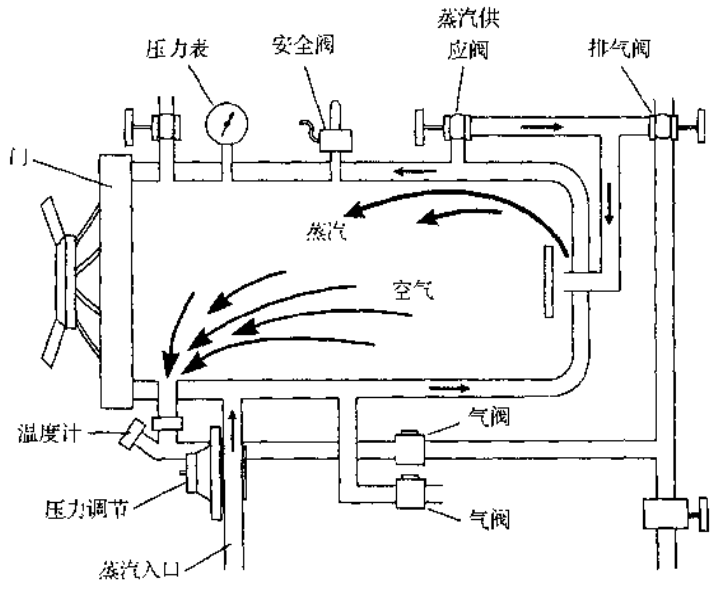


图 9-1 蒸汽夹套式高压灭菌器示意图。进入的蒸汽迫使空气从室底层左边的出口排出，容器内充满蒸汽。压力升到每平方英寸 15 磅压力，温度升到 121℃。灭菌大概需要 15 分钟[①]。

蒸汽灭菌器)效果好，因为干热法适用于粉料和油料物质、玻璃制品和器械的灭菌，以及不容易和水混合的其他材料的灭菌。

9.12 湿热与干热相比对微生物的影响是什么?

湿热一般使微生物凝结和引起变性。**变性**(denaturation)过程蛋白质分离为不溶性物质，如从三维空间构型回复到二维空间构型。相反，干热灭菌对微生物的基本效应是由于大分子**氧化**分解成小分子的作用。因为氧化作用是低效过程，它一般需要一段比较长的时间。

9.13 对于不能在极高温度下长时间加热灭菌的物品，有什么适合的灭菌方法吗?

某些对热特别敏感的液体，可连续三天，每天将液体放在 100℃气流蒸汽灭菌 30 分钟。这个过程称为**间歇灭菌法**(tyndallization)。周期性交替加热，冲击芽孢，随后芽孢发芽成营养体细胞，当进行下一次气流蒸汽灭菌时，它们就会被杀死。

9.14 对牛奶和其他乳制品巴斯德消毒法有效吗?

巴斯德消毒法(pasteurization)不是灭菌作用，巴斯德消毒法可以使牛奶和乳制品中的微生物数量下降并杀死其中存在的病原微生物。巴斯德消毒法可以用热水浴 62.8℃处理 30 分钟[持续消毒法(holding method)]，或牛奶采用 71.8℃加热处理 15～17 秒[瞬间消毒法(flash method)]或 82℃加热处理 3 秒钟[超高温消毒法(ultrapasteurization)]。牛奶、啤酒、果汁巴斯德消毒法是食品防腐的有效方法，但不是灭菌。

9.15 不给微生物加热能灭菌吗?

降低环境的温度如在**冰箱**(refrigerator)中是一种有效抑制微生物生长的方法，但不能杀死微生物。在**冷冻室**(freezer)中，温度降至零度以下，微生物代谢减慢。由于冷冻室形成冰的结晶，可以杀死一些微生物，但不是一种灭菌方法。－20℃的深度冷冻温度也不能完全消灭微生物。

① $1bp/in^2=1.034\times10^5Pa$。— 译者注

9.16　干燥(drying)能作为控制微生物的有效方法吗?

所有生物包括微生物,生命的化学反应都需要水。通过日光或机器将食品干燥,采用干燥方法保存食品,能降低微生物数量,防止腐败(spoilage)。如面粉、通心粉和干果等皆因是干的所以可防止腐败。食品也能放在高浓度的盐溶液中使之干透,盐通过**渗透(作用)**吸收食物中的水分,使微生物在干燥环境下不能繁殖。由于同样原因,高糖的食物也能保持不腐败。但是,应当注意的是,经高渗(作用)的食物未被灭菌,而只是一种保藏措施。

9.17　什么类型的辐射可用作抗微生物的方法?

有多种不同类型的辐射有抗微生物的效应。**电离辐射**(ionizing radiation)包括 X 射线和 γ 射线。辐射在细胞质中形成游离基,游离基使微生物的蛋白质和 DNA 损伤。芽孢一般有抗电离辐射的效果,但多数其他生物能被杀死。各种食品、药品和塑料制品表面现在采用电离辐射灭菌。另外一种重要的辐射类型是**紫外线辐射**(ultraviolet radiation),紫外线辐射通过相邻胸腺嘧啶碱基结合而影响核酸。微生物接着快速死亡,因为 DNA 失去功能而不能自我复制。紫外线用于手术室桌面、毛刷和空气中控制微生物数量。

9.18　微波能作为食物和其他物品灭菌方法的一种类型吗?

微波(microwave)是长波辐射的一种类型。有时称为红外线(infrared ray),微波通过激活振动食物中的水分子而加热。这种振动产生的热煮熟食物,加热降低微生物数量。微波对微生物没有直接的效果,它们用作抗微生物方法仍处于发展的阶段。

9.19　声波是有效的抗微生物控制方法吗?

高频率的声波称为**超声波振动**(ultrasonic sound vibration)。这些振动使细胞的蛋白质凝固和导致细胞的裂解。超声波振动一般用作实验室物品清洁和破裂细胞的方法,但是它们还不适用于控制微生物的数量。

9.20　过滤能用于灭菌吗?

采用过滤器(filter)除菌,滤器孔径必须是最小的,可能如病毒般大小。孔径小将使液体极其缓慢流过滤器。比较大的孔径的滤器用来从果汁、啤酒、血清和某些微生物学的培养基除去细菌和其他微生物。

化学因素

9.21　能够采用化学药品或气体灭菌吗?

化学药品中至少有三种气体,当它们在密闭的室中使用时能够灭菌。这三种气体是**环氧乙烷**(ethylene oxide,氧化乙烯)、**甲醛**(formaldehyde)和**β-丙酸内酯**(beta propiolactone)。ETO(环氧乙烷)广泛用于塑料制品(如培养皿)、橡皮和纸张灭菌。BPL(β-丙酸内酯)是用于灭菌液体的。而甲醛能用于各种材料灭菌。但是,所有三种药品都刺激皮肤、有毒及致癌的作用。因此它们仅仅用在密闭的环境中灭菌。

9.22　醇类能用作抗微生物剂吗?

用作化学控制剂的醇类是**乙醇**(70%)和**异丙醇**(70%擦拭)。醇类能使蛋白质变性和用于对抗芽孢[①],但是一定要完全浸泡在醇中 20 分钟才可观察到灭菌效果。作为消毒剂,乙醇的

① 醇类对细菌芽孢无效。——译者注

作用最小，因为它干得非常快。乙醇和其他消毒剂的化学结构如图 9－2 所示。

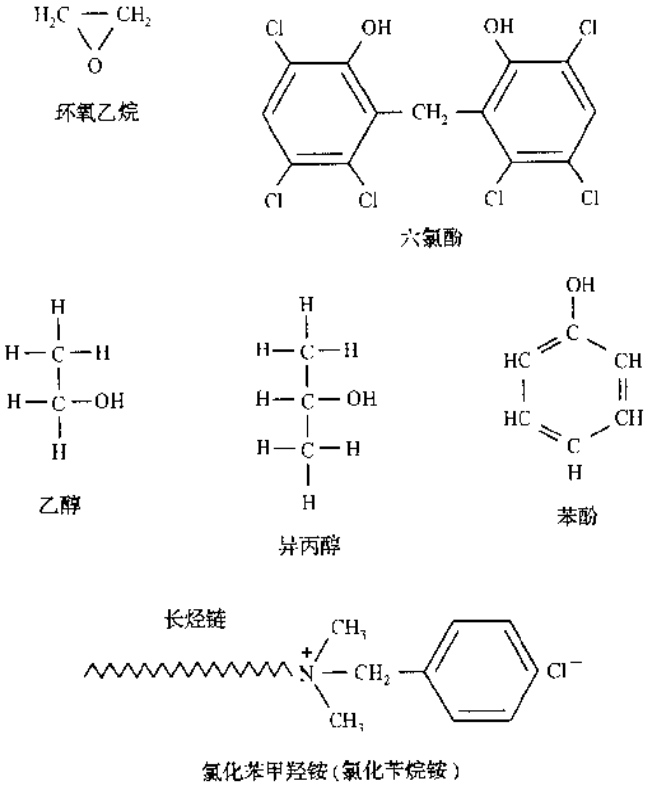


图 9－2 用作消毒剂和防腐剂的各种物质的化学结构。

9.23 哪些重金属可作为微生物的化学控制剂？

两种重金属，汞和银是用作抗微生物剂的。**汞**（mercury）以**氯化汞**（二氯化汞）、红汞和硫柳汞的形式使用。**银**（silver）一般以硝酸银、苦味酸银和乳酸银的形式使用。黏着状态的银剂对烧灼创伤有效。硝酸银用来点滴新生儿眼以预防淋病。

9.24 怎样用改变 pH 的办法控制微生物？

pH 的改变对微生物是有害的。氢氧化钙[$Ca(OH)_2$]称为熟石灰，用于在碱性范围升高 pH，可作为消灭粪便物质中的病原菌的消毒剂使用。氢氧化钠和氢氧化钾是杀死微生物的其他碱类。pH 降低时，醋酸、丙酸和苯甲酸（benzoic）抑制微生物。它们可加到各种食品如面包和果汁中。苯甲酸、十一烯酸、水杨酸可用作抗真菌的药膏治疗脚癣。

9.25 有抗微生物效应的染料用于控制微生物的数量吗？

龙胆紫（gentian violet）是一种消毒剂。这种染料与革兰氏染色中所用的结晶紫基本相似。该染料有时作为控制引起的口部感染（鹅口疮）的白假丝酵母（*Candida albicans*）抗真菌剂使用。

9.26 使用哪种醛类抗微生物有效？

两种最广泛使用的抗微生物醛类是**甲醛**和**戊二醛**（glutaraldehyde）。37%的甲醛称福尔马林（formalin），对皮肤和眼睛有很大刺激性，而且对某些人可引起过敏反应。用 2%戊二醛溶液处理器械（仪器），某些情况可达灭菌效果。戊二醛可杀死细菌的营养体、芽孢和广泛的、各种形态的微生物，可直接使用 2%戊二醛溶液（Cidex），

9.27 卤素能用作抗微生物剂吗?

抗微生物剂包括两种重要的卤素:**氯**(chlorine)和**碘**(iodine)。两种卤素均是氧化剂,它们与蛋白质中氨基酸反应而改变蛋白质的性质。氯气用于水的净化,次氯酸钠是家庭**漂白粉**(bleach)的主要成分。有抗微生物作用的碘是2%碘的乙醇溶液称**碘酊**(tincture of iodine)和有机状态的**碘载体**(iodophore)如聚乙烯吡咯酮碘(Betadine)、碘附[(Wescodyne),亦称强力碘或称达尔美消毒洗净剂]和Prepodyne等。氯和碘均与有机物质发生反应,所以消毒前必须将有机物质清除干净。

9.28 创伤时过氧化氢怎样用作防腐剂[①]?

药店买来的**过氧化氢**(hydrogen peroxide, H_2O_2)是过氧化氢的3%水溶液。当涂抹创伤口时,组织中的过氧化氢酶(catalase)催化过氧化氢分解成水和游离氧。氧引起创伤组织起泡,起泡机械性地消除了微生物,也突然释放氧引起某些微生物化学变化,这些变化导致微生物死亡。

9.29 酚类能用作防腐剂和消毒剂吗?

酚类是微生物学中使用的第一个消毒剂之一。19世纪60年代在一系列里程碑式(landmark)的实验中,Joseph Lister (李斯特)就报道进行外科手术时酚类有可能降低创伤的感染。尽管酚本身很少再使用(它有刺激性和腐蚀性),许多酚类的衍生物现今仍然在使用。例如,几种酚类衍生物称作**甲酚**(cresol),使用的产品如来苏儿(Lysol)和Staphene。**松节油**(pine oil)也是一种用于许多家庭洗涤剂的酚衍生物。酚类的衍生物**己基间苯二酚**(hexylresorcinol)是广泛使用的洗涤液和治疗尿道感染。

9.30 六氢(双)酚和六氯酚是酚类化合物吗?

20世纪60年代酚类的衍生物**六氯酚**(hexachlorophene)用作牙膏、腋下的除臭剂、肥皂和许多其他产品。但在20世纪70年代,发现这些化合物有毒,今天仅用作药品。**六氯(双)酚乳剂**(phisoHex)含有六氯酚和肥皂。作为医院外科的消毒剂。另外一个酚类的衍生物称作**洗必泰**(chlorhexidine)亦称双氯苯双胍己烷,一般用作防腐剂和消毒剂。有一种产品称为**葡萄糖洗必泰**(Hibiclen)也是有效的,它有时放在牙膏中用以降低口中的微生物数量。

9.31 洗涤剂(去污剂)对微生物的作用方式是什么?

洗涤剂(去污剂)如氯化苯甲羟铵(benzalkonium chloride)亦称氯化苄烷铵,作用在微生物的液态膜上。洗涤剂溶解膜后,微生物细胞质漏出,接着微生物死亡。

抗 生 素

9.32 抗生素与防腐剂和消毒剂有什么区别?

抗生素是抑制其他微生物生长的微生物产物。它们不是实验室中的化学物质如防腐剂和消毒剂。某些情况下,抗生素(抗菌物质)也已经通过化学法合成,此种情况称为**化学治疗剂**(chemotherapeutic agent)。但是,抗生素一词更为公众熟悉。

9.33 在抗生素的发现和发展中谁完成了早期的实验?

图9-3所示的**Paul Ehrlich**是最早提出化学物质能消灭体内微生物的人。他称为"magic

① 应为消毒剂。——译者注

bullet"(魔弹)的一种砷酸的衍生物,20 世纪早期就被用来治疗梅毒。1928 年 **Alexander Fleming**(弗莱明)报道了青霉素的抗微生物效果,但直到 **20** 世纪 **30** 年代末期他的发现才作为化学治疗剂问世生产。在第二次世界大战后,随着链霉素、氯霉素、四环素和其他主要现代药物的发现,抗生素的时代来临了。

图 9-3　Paul Ehrlich,德国科学家。他提出化学物质可用来杀死体内的微生物。

9.34　抗生素怎样抑制微生物的生长和控制微生物的增殖?

抗生素通过五种主要方法抑制微生物的增殖:破坏细胞壁合成;干扰细胞膜功能;抑制蛋白质的合成或妨碍蛋白质完善;破坏核酸的功能;有选择性地中断代谢途径。

9.35　理想的抗生素特点是什么?

抗生素对病原微生物应具选择毒性。不会因刺激抗体产生而促进人体的过敏反应。它应当不打乱正常微生物增殖时所作用的生物体的各个部位,而且使用抗生素也不会促进药物抗性菌的发展。假如这些条件满足了,该抗生素被认为是理想的抗生素。

9.36　可利用的抗生素主要种类是什么?

可利用的抗生素主要有两类:狭谱抗生素和广谱抗生素。**狭谱抗生素**(narrow-spectrum antibiotic)对窄范围的微生物有控制作用,如对革兰氏阳性菌或对革兰氏阴性菌起作用。狭谱抗生素可抗真菌,但对原生动物无作用。**广谱抗生素**(broad spectrum antibiotic)对多种类群微生物有杀菌作用,如对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌两类。狭谱抗生素的一个例子是青霉素;广谱抗生素的一个例子是四环素。

9.37　微生物的药物抗性是如何发展的?

使用抗生素持续 50 年以上,出现了细菌抗药性菌株。这些细菌菌株在不接触抗生素前始终在微生物的种群中存在,因为它们从不接触抗生素,就不需要去利用它们的抗性(resistance)机制。由于普遍使用抗生素,敏感细菌快速死亡,而能存活的细菌则是那些有抗性的细菌。它们快速繁殖,结果便形成对药物抗性的微生物种群。

9.38　微生物产生抗药性有哪些途径?

各种类型的微生物表现的抗药性方式不同。例如,它们能释放酶在抗生素杀死微生物前先使抗生素失活。另外,它们能改变对药物敏感的细胞结构或修饰药物作用的部位,使菌不再对药物敏感。微生物也能改变原生质膜结构,使抗生素不能透过细胞膜。

9.39　临床上使用的抗生素主要是哪些?

许多抗生素正在使用,抗生素分成不同的"族"。不同族的抗生素是用以对抗不同类型微生物感染的。例如,青霉素族抗生素用于抗革兰氏阳性菌。

9.40　青霉素族抗生素怎样抑制或控制微生物的增殖?

青霉素(penicillin)族抗生素作用于革兰氏阳性菌的细胞壁。它们阻止这些细菌形成细胞壁的主要成分肽聚糖。没有肽聚糖,细胞壁不能形成。内部的压力引起细菌膨胀和胀破。

9.41　使用青霉素有什么副作用吗?

某些人对青霉素有变态反应,可以是局部的变态反应或全身的变态反应,这种反应称为过敏反应。这可能是一种致死的经历,所以在使用青霉素之前,一定要做青霉素的敏感鉴别试验。

9.42　哪些抗生素属于青霉素族?

青霉素族包括青霉素 G、青霉素 X、青霉素 O,以及许多合成的和半合成的衍生物如图 9-4 所示的氨苄青霉素(ampicillin)、羟氨苄青霉素(amoxicillin)、新青霉素Ⅲ(nafcillin,又称乙氧萘青霉素或萘夫西林)、羧噻吩青霉素(ticarcillin,又称铁卡霉素)。虽然青霉素最初来源于青霉菌(*Penicillium*)模式种,但大多数青霉素是用合成法生产的。所有青霉素族抗生素对

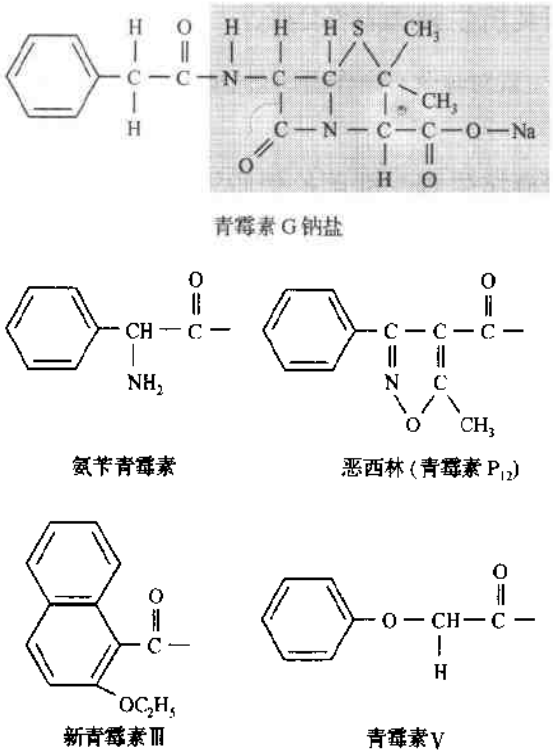


图 9-4　青霉素分子的基础化学结构和在基础青霉素环的结构上加侧链而形成的新的青霉素。

革兰氏阳性菌和一些革兰氏阴性菌有效。

9.43 有其他抗生素干扰细胞壁合成吗?

头孢菌素(cephalosporin)族抗生素的成员能有效阻止细菌细胞壁的合成。按惯例大多数的头孢菌素是用于抗革兰氏阳性菌的,但新的头孢菌素族抗生素也对革兰氏阴性菌有效。头孢菌素族抗生素包括四唑乙酰去乙酸硫撑甲基噻二唑头孢菌素(cefazolin)、头孢噻吩(cefoxitin)、氨噻肟头孢霉素(cefotaxime)、头孢氨呋肟(cefuroxime,头孢肟氨甲酸酯)和头孢羟酸氧酰胺(moxalactam)。

9.44 第一、第二、第三代头孢菌素族间的差别是什么?

在这几十年期间头孢菌素族抗生素已经生产了各种类型,"代"指的是较早期的或较近期的头孢菌素,第三代头孢菌素是最近代的。新的头孢菌素基本上用于对青霉素产生抗性的细菌,而且常用青霉素为底物。但是,它们仍可引起身体的变态反应,应小心使用。头孢菌素原产生菌是真菌中头孢(霉)属(*Cephalosporium*)的种。

9.45 氨基糖苷类抗生素是什么?举例说明。

氨基糖苷类抗生素(aminoglycoside antibiotic)是抑制细菌蛋白质合成的。这族抗生素成员的主要分子上都有氨基和糖类分子。该族成员包括艮他霉素(gentamicin)、卡那霉素(kanamycin)、妥布拉霉素(tobramycin)和链霉素(streptomycin)。

9.46 哪些生物产生氨基糖苷类抗生素及该抗生素对哪些细菌起作用?

氨基糖苷类抗生素原产生菌为链霉属(*Streptomyces*)的成员。这是土壤中一种类似霉菌的细菌。现在氨基糖苷类抗生素以合成法或半合成法生产。它们主要对抗革兰氏阴性菌和抗某些革兰氏阳性菌。其中一种氨基糖苷类抗生素——链霉素,是特效抗结核病致病菌的。

9.47 使用氨基糖苷类抗生素有副作用吗?

许多氨基糖苷类抗生素对耳朵有副作用。它中断耳朵的生理作用,尤其是链霉素,可引起耳聋。因此应小心使用。

9.48 临床上四环素族抗生素有使用价值吗?

四环素族抗生素(tetracycline antibiotic)是极其有价值的,它们抑制革兰氏阴性菌、立克次氏体、衣原体和某些革兰氏阳性菌的生长。因此,它们是广谱抗生素。

9.49 使用四环素族抗生素有副作用吗?

与其他抗生素比较,四环素族抗生素有相当缓和的副作用。它们可引起恶心和呕吐,但最明显的副作用是消灭体内的有益菌。四环素族抗生素看来似乎也干扰钙在体内的沉积。所以不应在正形成骨骼和长牙齿的幼龄儿童中使用。

9.50 四环素族抗生素作用方式是什么?有哪些成员?

四环素族抗生素抑制细菌中蛋白质合成。原始四环素族抗生素是从链霉菌属的成员中分离的,该族抗生素包括二甲胺四环素(minocycline)、强力霉素(doxycline,也称脱氧土霉素)和四环素。

9.51 红霉素族抗生素的主要用途是什么?

当病人青霉素过敏或产生变态反应时,一般用**红霉素**(erythromycin)来替代青霉素。红

霉素用于抗革兰氏阳性菌和用于抗军团杆菌病(Legionnaire's disease)和支原体性肺炎(mycoplasmal pneumonia)。它是蛋白质合成的抑制剂。

9.52 现今病人所用主要抗结核药物有哪些?

结核病是一个特别难治疗的疾病,因为病原体是抗性极强的结核分枝杆菌(*Mycobacterium tuberculosis*)。现在使用五种药物治疗结核病。**利福平**(rifampin)、**乙胺丁醇**(ethambutol,即乙烯二氨基二丁醇或肺敌平)、**链霉素**、**对氨基水杨酸**(para-aminosalicylic acid)和**异烟肼**(isoniazid)。最后一种抗菌药物异烟肼,为处方常用药,已在微生物中发现药物抗性。其他抗生素也被采用。

9.53 有用于皮肤的抗生素吗?

杆菌肽(bacitracin)商业上用于有效治疗由革兰氏阳性菌引起的皮肤感染。该抗生素抑制细菌细胞壁的合成。它属于内用处方药,但可能引起肾脏的损伤。

9.54 万古霉素的主要用途是什么?

万古霉素(vancomycin)现在用于对青霉素、头孢菌素和其他抗生素表现抗药性的细菌。**万古霉素**用于对抗革兰氏阳性菌,如葡萄球菌。但该药有严重的副作用,只限于生命濒危情况。它干扰细胞壁合成。

9.55 使用氯霉素族抗生素有任何副作用吗?

氯霉素(chloramphenicol)商业上也称氯霉素(chloromycin),抗广泛细菌包括革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌以及立克次氏体和衣原体。但是,它引起严重的副作用,如再生障碍性贫血(血细胞没有血红蛋白),它在体内可以诱导(神经)灰白质综合征(gray syndrome)。因此,基本上限制使用,只在最严重的细菌性的感染,例如,似伤寒(typhoil fever)感染和脑膜炎球菌性脑膜炎(meningococcal meningitis)感染。

9.56 磺胺类药物怎样抑制细菌生长?

磺胺类药物如**磺胺**(sulfanilamide,即对氨基苯磺酰胺)和**磺胺二甲基嘧啶**(sulfamethoxazole)是抗细菌合成叶酰的有效药物。这些细菌一般是革兰氏阳性菌。在合成叶酸过程中,细菌从环境中获得对氨基苯甲酸(para-aminobenzoic acid,PABA)。如图9-5所示,磺胺类药物结构与PABA类似,在叶酸合成过程,酶错误地吸收了磺胺类药物。此酶[①]与磺胺类药物结合而改变构型,无法行使合成叶酸的功能。没有叶酸,细菌很快死亡。这是抗菌药物如何干扰细菌重要代谢途径的一个例子。

9.57 抗真菌有什么有效的抗生素吗?

现在医药中有几个抗真菌的抗生素在使用。一个例子是**灰黄霉素**(griseofulvin),用于抗癣和脚癣(athlete's foot)的真菌。其他例子是**制霉菌素**(nystain)、**无霉唑**(clotrimazole,即克霉唑)、**酮哌嗪咪唑**(ketoconazole,即酮康唑)和**双氯苯咪唑**(miconazole,即霉康唑)等,上述几个抗生素全都可以用来治疗白假丝酵母引起的阴道感染。治疗全身真菌感染如隐球菌病(cryptococcosis,即隐球酵母病),使用的抗生素是**两性霉素B**(amphotericin B)。

9.58 抗病毒有什么可使用的抗生素吗?

研制抗病毒(antiviral)的抗生素是困难的任务,因为病毒没有抗生素所能干扰的功能和

① 二氢叶酸合成酶与二氢叶酸还原酶。——译者注

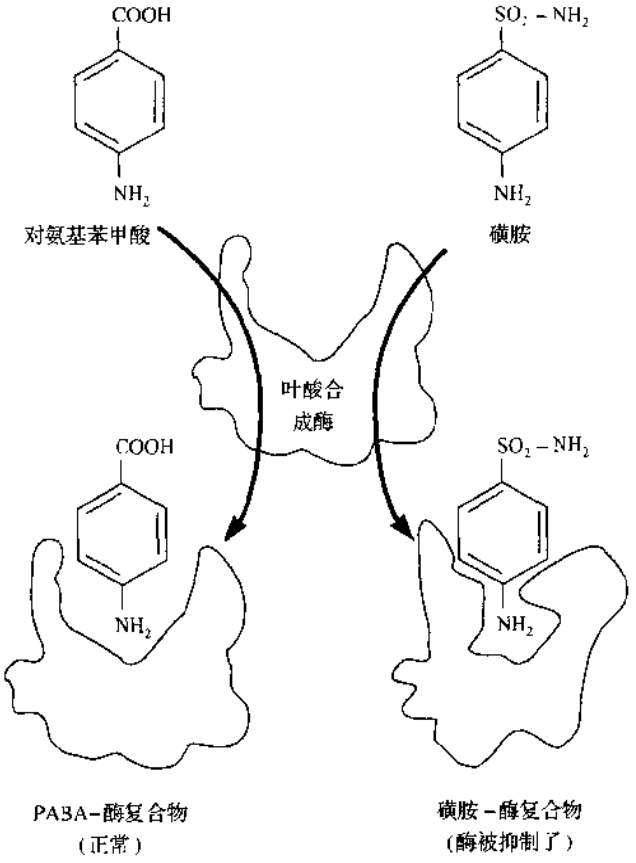


图 9-5　磺胺类药物作用方式。PABA 和磺胺有非常相似的化学结构，结果酶错误地吸收了磺胺，因为它供应量大。酶由于磺胺药而改变结构和不起作用，叶酸不能再产生。

结构。例如，病毒没有细胞壁、不进行蛋白质合成、没有原生质膜。然而，有一些干扰病毒复制的抗生素能用于治疗目的。

9.59　现今使用的抗病毒抗生素例子有哪些?

现在用来抗病毒的抗生素有**叠氮胸苷**(azidothymidine，AZT)、**无环鸟苷**(acyclovir) 和**9-[1,3-二羟-2-丙氧甲基]鸟嘌呤**(ganciclovir，GCV)。AZT 用于中断人免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus，HIV)的复制；无环鸟苷用于抗疱疹病毒和水痘病毒；GCV 用于抗巨细胞病毒。此外，**金刚胺**(amantadine)通常用来抗流感病毒，而**干扰素**已经用来抗狂犬病毒和某些癌病毒。

9.60　对原生动物感染有什么可使用的抗生素吗?

许多用于抗细菌的抗生素也可用于抗原生动物。例如，四环素是抗各种原生动物的抗生素。另一种药物，甲硝基羟乙唑（metronidazole，Flagyl，即灭滴灵）抗阴道毛滴虫（*Trichomonas vaginalis*）有效。奎宁（quinine，即金鸡纳碱）用于抗疟疾（malaria），羟乙基磺酸戊双脒（pentamidine isethionate）是有效的抗卡氏肺囊虫（*Pneumocystis carinii*）的药物。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 出于控制微生物的目的，灭菌一词指的是(　　)。　(a)除去病原微生物　(b)降低微生物

的数量 (c)消灭所有的生物 (d)只消灭体表的微生物

2. 高压灭菌器杀死微生物需要下列所有条件，除了(　　)之外。 (a)蒸汽温度 121℃ (b)15 分钟 (c)每平方英寸 15 磅压力 (d)10 个大气压的体积
3. 消毒剂与防腐剂的差别是(　　)。 (a)消毒剂仅用于非生物的物体，而防腐剂用在皮肤表面 (b)消毒剂杀死细菌的芽孢，而防腐剂不能 (c)消毒剂不能灭菌，防腐剂可以 (d)消毒剂是化学物质，而防腐剂不是化学物质
4. 任何降低环境中微生物数量的物质是(　　)。 (a)消毒剂 (b)卫生消毒剂 (c)媒介 (d)氧化剂
5. 干热法常用于(　　)灭菌。 (a)盐溶液 (b)细菌培养基 (c)油料物质 (d)医院的毛毯
6. 紫外线辐射主要作用于微生物的(　　)。 (a)糖类 (b)酶类 (c)核酸 (d)细胞壁
7. 在沸水中不形成芽孢的细菌死亡需(　　)。 (a)1 小时 (b)几秒钟 (c)3 小时 (d)4 小时
8. 间歇灭菌过程需要下列所有条件，除了(　　)之外。 (a)蒸汽温度 100℃ (b)每平方英寸 10 镑压力 (c)30 分钟时间 (d)连续三天的处理
9. 环氧乙烯广泛用于(　　)。 (a)灭菌塑料制品 (b)消毒台面 (c)杀死皮肤表面的细菌 (d)灭菌化学溶液
10. 为使醇类制菌效果显著，所用化学试剂必须(　　)。 (a)用 10%溶液 (b)放溶液中 5 分钟 (c)用丁醇 (d)完全浸没在溶液中
11. 临床情况下，硝酸银有时用于(　　)。 (a)预防新生儿眼淋病 (b)预防脓毒性咽喉炎之后链球菌进入血液 (c)外科手术前灭菌肠道 (d)冲洗呼吸系统的结核杆菌
12. 由白假丝酵母引起的口部感染，治疗有时用消毒剂(　　)。 (a)氢氧化钙 (b)甲醛 (c)戊二醛 (d)龙胆紫
13. 聚乙烯吡咯酮碘、Wescodyne (碘附，强力碘)和 Prepodyne 等碘载体抗微生物产品都含有(　　)。 (a)甲醛 (b)H_2O_2 (c)氢氧化钙 (d)碘
14. 洗必泰和六氯酚共有的特征为(　　)。 (a)多数用于抗病毒 (b)酚的衍生物 (c)灭菌剂 (d)抗生素
15. 所有下列情况均是抗生素抑制微生物的方法，除了(　　)之外。 (a)抗生素抑制细胞壁合成 (b)抗生素干扰细胞膜功能 (c)抗生素阻止能量从 ATP 释放 (d)抗生素抑制蛋白质合成
16. 青霉素族的抗生素主要用于抗(　　)。 (a)病毒 (b)真菌 (c)革兰氏阴性菌 (d)革兰氏阳性菌
17. 卡那霉素、链霉素和艮他霉素属于(　　)族的抗生素。 (a)头孢菌素 (b)头孢羟酸氧酰胺 (c)氨基糖苷类抗生素 (d)四环素
18. 四环素族抗生素最严重的副作用为(　　)。 (a)引起变态反应 (b)听力困难 (c)消灭体内有益菌 (d)损伤肾脏和肝脏
19. 治疗结核病现今所用药物是(　　)。 (a)异烟肼 (b)红霉素 (c)万古霉素 (d)氯霉素
20. 制霉菌素、无霉唑和双氯苯咪唑药物皆用于抗(　　)。 (a)病毒感染 (b)只对革兰氏阴性菌 (c)真菌 (d)所有类型细菌

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 使用化学药剂之前，必须除去_____，消毒和灭菌才有效。
2. 杀死病原微生物，且只能降低微生物数量至安全水平的一种消毒剂称为_____。
3. 在寻常的烤箱中，在 160℃达到灭菌效果所需的时间大约是_____。

4. 煮沸法是一种抑制微生物的方法，但细菌的_____能在煮沸的水中存活 2 小时以上。
5. 干热灭菌中热的基本效应是通过_____使大分子转变成小分子。
6. 在称作_____的仪器中，蒸汽压力在每平方英寸 15 磅和维持 15 分钟可将微生物杀死。
7. 在_____过程中，改变加热的循环周期，并使芽孢受到冲击转变为营养细胞。
8. 巴斯德灭菌不能达到灭菌目的，但它用于降低_____中的微生物数量。
9. 当大量糖加到食物中时，抽出水分和建立一个干燥的条件是通过_____过程。
10. 有三种气体能达到灭菌，它们是环氧乙烯、β-丙酸内酯和_____。
11. 异丙醇和乙醇用作抗微生物剂的浓度是_____。
12. 黏着状态对烧灼创伤有效的金属是_____。
13. 苯甲酸、十一烯酸和水杨酸都在药膏中使用以阻止_____ _ 的生长。
14. 当伤口用_____治疗时，氧突然释放。
15. 用于杀死广泛范围微生物的抗生素称为_____ _。
16. 头孢菌素族抗生素的抗细菌作用是通过阻止细菌的_____合成。
17. 抗生素的重要产生菌是土壤中类似霉菌的细菌属于_____属。
18. 羟乙基磺酸戊双脒是一种贵重的抗生素，用于治疗由_____引起的疾病。
19. 当治疗病毒病时，医生可以用药物如 AZT、GCV、金刚胺和_____。
20. 磺胺类药物如磺胺二甲基嘧啶是有效对抗产生_____的那些细菌的。

是非题 判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则在句前写“F”。

__1. 特殊抗微生物剂的选择，取决于待处理物品种类、控制的微生物种类、抗微生物剂使用时的环境条件。
__2. 有机物可促进抗微生物剂成功的使用。
__3. 消毒剂指的是消除所有生物包括微生物的孢子。
__4. 抗生素的抗微生物效果一般低于消毒剂和防腐剂。
__5. 放在煮沸的水中灭菌需要 30 分钟。
__6. 干热较湿热灭菌效果好，因为干热适用于灭菌的物质如粉料物质、玻璃制品、设备和油料物质。
__7. 干热杀死微生物是由于它们从蛋白质三维空间结构回复成二维空间结构时分解为不溶性物质。
__8. 巴斯德消毒法是一种防腐的方法，如牛奶、啤酒和果汁，但没有灭菌效果。
__9. 微波对微生物有很严重的副作用，因它们与生物的核酸反应，改变它们的结构。
__10. 醇类作为消毒剂作用最小，因为它干得非常快。
__11. 酸类中用于食品防腐和控制微生物生长的是乙酸、丙酸和苯甲酸。
__12. 氯是与蛋白质中的氨基酸反应的氧化剂，改变蛋白质的性质，所以可杀死微生物。
__13. 当过氧化氢用于伤口时，淀粉酶分解过氧化氢成水和游离氧。
__14. 微生物学中第一批使用的消毒剂中有六氯酚，是 19 世纪 60 年代的 Joseph Lister(李斯特)首先使用的化学物。
__15. 化学家合成的那些抗菌物质称为化学治疗剂。
__16. 抗生素的抗性菌在微生物的群体中并不存在，直到群体接触抗生素时，抗性菌才形成。
__17. 所有氨基糖苷类抗生素作用细菌都是通过破坏细菌的细胞壁。
__18. 强力霉素和二甲胺四环素都是现在使用的、有效的四环素族抗生素药物。
__19. 只发现有一种抗生素可用于治疗一种严重的肺病——结核病。

__ **20.** 杆菌肽和万古霉素是用于抗革兰氏阳性菌的，而灰黄霉素和制霉菌素是有用的抗真菌抗生素。

（林稚兰 译）

第10章 细菌的主要类群

内　容

细菌有各种各样的形态，相应地有各种各样病理学和生理学的特征。本章概述其中的多数，本章内容是：

1. 认识螺旋菌的关键特性和由螺旋体及螺菌引起的几种疾病名称。
2. 阐述医学细菌学中假单胞菌属、军团菌属和布鲁氏菌属某些种的意义。
3. 认识根瘤菌属和固氮菌属某些种在农业中的关键性作用。
4. 介绍几种革兰氏阴性球菌并指出其在医学微生物学中的意义。
5. 比较肠杆菌科大家族中几个细菌种的特性。
6. 讨论葡萄球菌属和链球菌属一些种引起的疾病。
7. 叙述形成芽孢的两种细菌和一个抗酸细菌属的重要特性。
8. 讨论化能自养型细菌和光能自养型细菌在地球元素循环中的重要性。
9. 认识与其他细菌无关的立克次氏体、支原体和衣原体的重要特性。

原理和问题

10.1　哪一个较重要的版本列出了细菌的种及其特征？

细菌分类是复杂的，范围广泛，涉及上万种细菌。官方的细菌手册叫做**《伯杰氏系统细菌学手册》**(*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*)[①]。最新版是1984年出版的，分四卷[②]，根据其类型、形态、革兰氏染色反应、生长的确实需求等特征将细菌分成符合逻辑性的某些类群。本章我们按一般方式予以介绍。

螺　旋　体

10.2　螺旋体一般怎样描述？

螺旋体是类似电话线或弹簧状盘绕的细菌。某些情况下，螺旋体紧紧盘绕，另外的情况下，螺旋体像一个伸展开的、拉长的弹簧。螺旋体可栖居在土壤、污泥、腐殖质和人体及动物体中。

10.3　细菌的杆菌通过旋转鞭毛运动，螺旋体用这种方法运动吗？假如不是，螺旋体怎样运动？

螺旋体用位于外壳和菌体间的一套超显微的纤维构成的**轴丝**(axial filament)而自由运动。由于轴丝旋转，细胞按反方向旋转而穿过液体运动。许多螺旋体每秒运动路程超过它们体长的100倍。

---

① 简称《系统手册》。——译者注

② 《系统手册》第一版(1984～1989年)分四卷，1994年又将《系统手册》第一版1～4卷修改补充出版《伯杰氏鉴定细菌学手册》第九版，现《系统手册》第二版1～5卷正待出版，在一些类群中增加了有关核酸杂交、16S rRNA寡核苷酸序列等系统发育方面的资料。——译者注

10.4　螺旋体的一般特性是什么？其特性与其他细菌比较有什么区别？

螺旋体生活在各种环境条件中。许多种是好氧的；其他种是兼性厌氧的；还有其他一些生活在无氧的环境中。螺旋体既不是革兰氏阳性，也不是革兰氏阴性，因为它们不接受革兰氏染色步骤中的染料。它们用任何方法都不易染色，用一般的实验方法很难看到它们。通常用暗视野显微镜观察活的标本来观察它们。

10.5　螺旋体引起人类哪些重要的疾病？

有四种由螺旋体引起的疾病。图 10－1 所示为引起**梅毒**(syphilis)和**雅可病**(yaws)的密螺旋体属(*Treponema*)的成员，引起**回归热**(relapsing fever)和**莱姆氏疏螺旋体病**(Lyme disease)的疏螺旋体属(*Borrelia*)的成员(两种病皆由节肢动物传染)，引起**钩端螺旋体病**(leptospirosis，一种在动物中发现的血液病)的钩端螺旋体属(*leptospira*)成员。

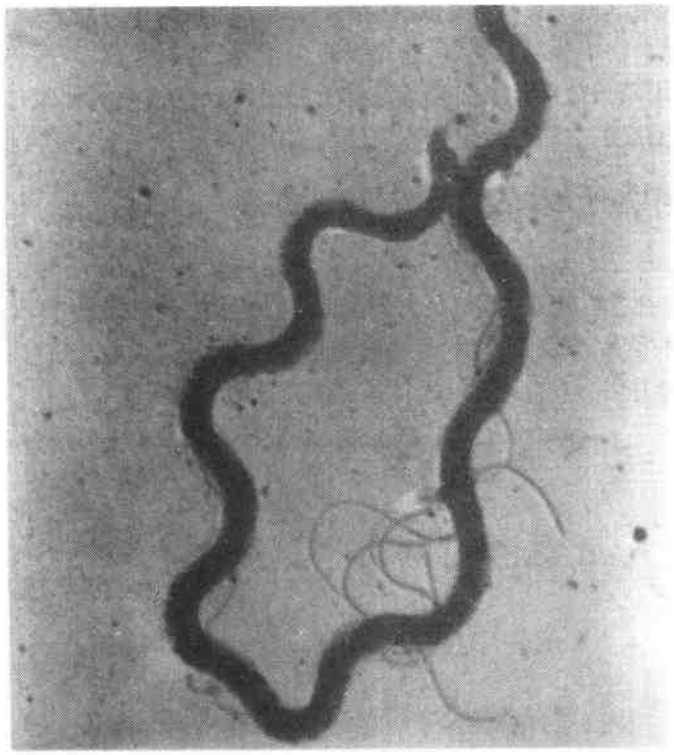


图 10－1　苍白密螺旋体扫描电子显微镜照片，梅毒病原体。可看到生物的轴丝像头发样与细胞连接。

10.6　螺旋体和螺菌间的重要差别是什么？

有些螺旋的细菌类似螺旋体，但没有轴丝。当然，它们具有能运动的鞭毛。有的是在细菌的一极有一单根鞭毛或在一极或两极有鞭毛簇。这种螺旋的细菌称作**螺菌**。

10.7　如何识别螺菌的某些特性？

螺菌一般在水环境中被发现，某些螺菌异乎寻常的长，长度可达 60μm。另外一种螺菌，固氮螺菌属(*Azospirillum*)的成员，其栖居与许多植物密切联系，为植物固氮。

10.8　有病原性螺菌吗？

病原性螺菌包括空肠弯曲杆菌弯曲亚种(*Campylobacyer jejuni*)，**弯曲杆菌病**(campylobacteriosis)的病原体。弯曲杆菌病是与腹泻伴随的肠疾病，由污染的牛奶、水、食物传染。

另外的种，幽门螺杆菌(*Helicobacter pylori*)已被证实可引起人类**胃溃疡**(stomach ulcer)。小螺菌是**鼠咬热**(rat bite fever)病原体。鼠咬热是被啮齿类咬伤而传染的一种血液病。

10.9　弧菌与其他螺旋体比较有什么区别?

某些螺旋的细菌其螺旋不能超过一环称为**弧菌**。这种细菌像逗号。其中一个种，霍乱弧菌已知为**霍乱**(cholera)的病原体。霍乱是一种严重的伴有腹泻的肠疾病。另外一属弧菌称蛭弧菌属(*Bdellovibrio*)，特别有意思的是它们能在其他细菌中繁殖。

革兰氏阴性菌

10.10　假单胞菌属种的一般特性是什么?

包括假单胞菌属的革兰氏阴性杆菌中许多种是好氧杆菌。这些细菌为杆状，在极端有鞭毛。假单胞菌属的许多种可排泄细胞外色素，扩散至周围局部环境。例如，铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)用紫外光辐射检测，在灼伤的组织中可观察到蓝-绿色素。假单胞菌属其他种也可在食物中分泌色素(引起鸡蛋发生蓝-绿色的腐败)。假单胞菌属种的不寻常生化特性，是能够用硝酸盐代替氧作为最终电子的受体。这种无氧呼吸过程产生相当可观的能量，因为假单胞菌属的一些种通过代谢而使土壤中的硝酸盐丢失，给农业环境造成问题。

10.11　细菌学中为什么军团菌属成员如此重要?

军团菌属(*Legionella*)至少有六种革兰氏阴性杆菌被鉴定，当 1976 年由嗜肺军团菌(*Legionella pneumophila*)引起的**军团杆菌病**突然爆发时，这些菌才第一次被发现。图 10-2 为军团杆菌科(Legionellae)的照片。军团杆菌科在实验室培养有很大困难，但已知它们在有水的湿润的环境中相当普遍，如冷却塔、空气调节系统、不流动的死水塘和增湿器等。

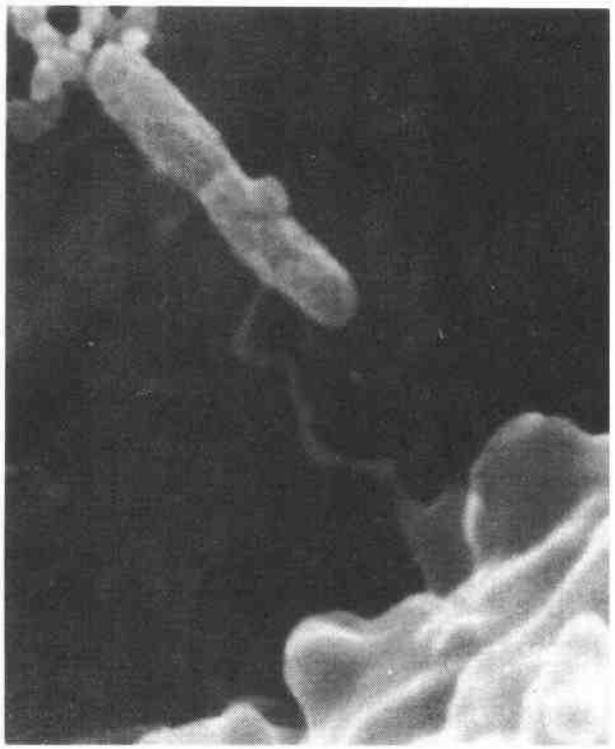


图 10-2　嗜肺军团菌扫描电子显微照片，是军团杆菌病的病原体。电子显微照片中，在被吞食的第一步，杆菌连到吞噬细胞的附属物上。吞噬作用是机体的基本防御机制。

10.12 布鲁氏菌属成员的重要性是什么?

布鲁氏菌属(*Brucella*)成员是引起著名的**布鲁氏菌病**(brucellosis)的微生物。布鲁氏菌属的一些种在动物中是相当普遍的,尤其是牛、猪和羊。通过污染的病畜食物和动物制品传染给人,引起**波浪热**(undulant fever)(一种血液疾病,并伴随着周期性发热和低温)。

10.13 根瘤菌属一些种在农业中所起的关键作用是什么?

农业中最重要的一属革兰氏阴性杆菌是根瘤菌属(*Rhizobium*)。根瘤菌属的种是**共生**(symbiotic)的,也就是说,它们生活在豆科植物(豌豆、菜豆、苜蓿和三叶草)的根中,在其中进行固氮作用。在此过程,细菌捕获空气中的氮气,固定成植物在代谢时能利用的含氮化合物。植物将这些含氮化合物变成氨基酸并进一步变成丰富的蛋白质。这些蛋白质又是所有动物和人类食物的来源。

10.14 固氮菌属的一些种与根瘤菌属一些种有什么区别?

其他重要的固氮细菌是固氮菌属(*Azotacter*)的一些种,不像根瘤菌属的一些种,它们可在土壤中游离生活。在土壤中它们也捕获氮,将其转化成植物可利用的含氮化合物。固氮菌在土壤的氮循环中是一个关键因素。另外的革兰氏阴性杆菌——氮单胞菌属(*Azomonas*)也有相似的功能。

10.15 植物有革兰氏阴性杆菌的病原菌吗?

一种植物病原菌是革兰氏阴性杆菌——根癌土壤杆菌(*Agrobacterium tumefaciens*,亦称根癌农杆菌)。这种细菌感染植物,并引起类似肿瘤的变化,称为**冠瘿**(crown gall,亦称根癌)。DNA重组技术已能将根癌土壤杆菌的基因转移至植物中,并可以将分离插入外源基因的根癌土壤杆菌质粒转移至植物中。

10.16 哪种革兰氏阴性杆菌引起百日咳?

另外一种有意义的革兰氏阴性杆菌是百日咳博德特氏菌,引起**百日咳**(pertussis, whooping cough)的病原体。百日咳是一种幼儿的严重疾病,特点是呼吸道障碍和可能引起窒息。现在可使用两种疫苗(DPT和DtaP)治疗,这种病在美国已得到控制。

10.17 在细菌学中为什么土拉热弗朗西丝氏菌很重要?

本节中最后介绍的革兰氏阴性杆菌为土拉热弗朗西丝氏菌(*Francisella tularensis*),引起**土拉菌病**(tularemia,亦称兔热病)。土拉菌病是人类的血液病,由有软毛的小动物如金花鼠、松鼠、小兔子身上的节肢动物传染给人。这种病不是致命的疾病,而且能用抗生素治疗。

10.18 在医学细菌学中有重要的革兰氏阴性球菌吗?

在重要的革兰氏阴性菌中有几属是球菌。一个例子是奈瑟氏球菌属,奈瑟氏球菌科(Neisseriae)中的一种,淋病奈瑟氏球菌(*Neisseria gonorrhoeae*)引起的**淋病**(gonorrhea),是被大量报道的疾病,现今美国每年有650 000病例。这种性传染的疾病并不致死,但可引起生殖管道阻塞,导致不育(性)。另一个奈瑟氏球菌属重要成员是脑膜炎奈瑟氏球菌(*Neisseria meningitidis*),是**脑膜炎球菌性脑膜炎**的病原体。脑膜炎球菌性脑膜炎是脊神经套的一种非常严重的致死性疾病,通过呼吸作用的飞沫传染。脑膜炎球菌性脑膜炎一定要早期治疗并一定要加强治疗,以避免死亡。

10.19 微生物学中莫拉氏菌属一些种有什么重要性?

莫拉氏菌属(*Moraxella*)的一些种是革兰氏阴性、有时呈球杆状的生物。一种腔隙莫拉氏

菌(*Moraxella lacunata*,即慢性结膜炎莫拉氏菌)是**结膜炎**(conjunctivitis,pinkeye 或急性结膜炎)的病原体。

10.20 哪些种厌氧的革兰氏阴性球菌引起人类疾病?

韦荣氏球菌属(*Veillonella*)的一些种是口腔中牙齿和龈缝中发现的**蚀斑**(plaque)上的革兰氏阴性球菌。这些细菌不称为病原菌,但当组织受外伤时,它们可侵入并引起牙龈疾病。

10.21 有医学上重要的兼性厌氧的革兰氏阴性杆菌吗?

有许多革兰氏阴性杆菌是兼性厌氧的。也就是说,它们在无氧条件下生长,但也可以在有氧存在下生长。许多属可引起胃肠道和其他人体器官疾病。这个类群是一个大的、包括许多著名的病原菌。这些病原菌中许多属于**肠杆菌科**(*Enterobacteriaceae*)的细菌族。这些肠的细菌通称为**肠细菌**(enteric bacteria)。

10.22 哪些兼性厌氧菌居住在人类肠中?

大家熟悉的细菌大肠杆菌是肠细菌中的一类。多数大肠杆菌的菌株在人肠中居住是无害的共生体,但某些菌株被认为是病原菌,因为它们侵入组织并产生毒素。这些菌株各自被认为是侵袭肠黏膜的和产肠毒素的菌株。一个菌株,*E. coli* O157:H7 最近几年已卷入与食品有关的爆发的肠疾病中。

10.23 沙门氏菌属成员的一些特性是什么?

沙门氏菌属成员是最熟悉的肠中革兰氏阴性杆菌中的成员。该属中大多数成员是病原菌,如**伤寒**和**沙门氏菌病**(Salmonellosis)[有时称沙门氏菌食物中毒(salmonella food poisoning)]是由它们引起的。这属的成员严格意义上讲不应称为种,而是血清型。多数有鞭毛,许多有荚膜。

10.24 哪种细菌性痢疾的病原体属于肠细菌?

志贺氏菌属(*Shigella*)的一些种能引发**细菌性痢**疾(bacterial dysentery),也称为**痢疾**(shigellosis)的肠道疾病。旅游者腹泻可能是由这些菌引起的,有的可能发展为有生命危险的疾病,可能经食物和水传染。

10.25 哪种含有色素的细菌被认为是一种肠细菌杆菌?

小的革兰氏阴性杆菌,黏质沙雷氏菌(*serratia marcescens*,亦称黏质塞氏杆菌)是著名的**灵菌红素**(prodigiosin)产生菌,室温积累亮红色素。多年来利用该菌的细菌检验试验进行空气流动的研究。最近 10 年,查明该菌可引起泌尿道和呼吸道感染,所以限制使用。

10.26 肠中哪些种病原菌是重要的革兰氏阴性兼性厌氧杆菌?

细菌的其他几个属被认为是肠细菌。例如,肺炎克雷伯氏菌(*Klebsiella pneumoniae*)一种有荚膜的杆菌,是呼吸道、肠胃道和血液感染的重要病因。另外的杆菌,普通变形杆菌(*Proteus vulgaris*),是一种积极运动的微生物,微生物学实验室中用于检测细菌的运动。鼠疫耶尔森氏菌,是一种引起**淋巴腺鼠疫**(bubonic plague)的肠细菌。欧文氏菌属(*Erwinia*)的许多成员是植物的病原菌,某些可引起软腐病。最后一种微生物,阴沟肠杆菌(*Enterobacter cloacae*),已经证实可引起尿道和肠道感染。

10.27 肠细菌的哪些属以其稍微弯曲的形状著名?

弧菌属(*Vibrio*)的成员是略带弯曲形状的革兰氏阴性肠细菌杆菌,这个类群中重要的病

原菌包括霍乱弧菌(**霍乱**的病原体)和副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)(引起肠道感染)。

10.28　有不属于肠细菌族的兼性厌氧杆菌吗?

革兰氏阴性兼性厌氧菌居住在胃肠系统外的至少有三属:巴斯德氏菌属(*Pasteurella*,巴斯德杆菌属)的成员,出血性、败血性巴氏杆菌,可引起牛、鸡、狗、猫的疾病。嗜血菌属(*Haemophilus*)的成员,包括致**细菌性脑膜炎**(bacterial meningitis)和**软下疳(梅毒)**(soft chancre)的微生物:第一种病是在血液和中枢神经系统发生的,而第二种是一种性传染类型的疾病。最后,加德纳氏菌属(*Gardnerella*)的一个成员,引起阴道性传染的疾病称为**阴道炎**(vaginitis)。

10.29　哪些革兰氏阴性菌在严格厌氧环境中生活,而且对人类医学有意义?

厌氧的革兰氏阴性**菌**中有意义的是拟杆菌属(*Bacteroides*)和梭杆菌属(*Fusobacterium*)的成员。拟杆菌属的一些种居住在口腔和胃肠道中,它们可能有创伤的情况下和在外科手术中引起感染。梭杆菌属是长的、类似矛的形状。它们常与厌氧条件下发生的牙龈和牙齿组织感染有关。

10.30　在土壤环境中哪些革兰氏阴性杆菌是重要的?

许多住在厌氧淤泥和沉积物中的革兰氏阴性杆菌参加**硫的循环**(sulfur cycle)。脱硫弧菌属(*Desulfovibrio*)的成员在这方面是著名的。这些微生物利用硫而不是氧作为氢的受体,而且通过在土壤中形成硫化氢(H_2S)再循环硫。

革兰氏阳性菌

10.31　哪两属革兰氏阳性球菌在人类医学上有意义?

对人类有重要作用的两属革兰氏阳性球菌是葡萄球菌属(*Staphylococcus*)和链球菌属(*Streptococcus*)。葡萄球**菌**属的成员形状类似一束葡萄簇,包括的微生物有金黄色葡萄球菌。该菌可引起**脓肿**(abscesses)、**疖**(boils)和**痈**(carbuncle),以及中**毒性休克综合征**(toxic shock syndrome)。链球菌属成员呈链状,是**脓毒性咽喉炎**(strep throat)、**猩红热**(scarlet fever)、**心内膜炎**(endocarditis)和一种肺炎的病原体。链球**菌**的一些种也与牙**齿的腐蚀**有关,某些非病原菌用于乳品工业生产酸乳酪和其他乳制品。链球菌属和葡萄球菌属的一些种可以是好氧的、兼性厌氧的或厌氧的。

10.32　哪些属细菌形成芽孢?

细菌形成芽孢有两个重要的属:芽孢杆菌属和梭菌属如图 10-3 所示。芽孢杆菌属的种是好氧和兼性厌氧革兰氏阳性杆菌,包括**炭疽病**(anthrax)的病原体(炭疽芽孢杆菌)。另外一个是用来生产重要的生物杀虫剂的种[苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*)]。梭菌是严格厌氧的革兰氏阳性杆菌,该属的成员包括:**破伤风**(tetanus)病原体(破伤风梭菌)、**肉毒中毒**(botulism)的病原体[肉毒梭菌(*C. botulinum*)],和**气性坏疽**(gas gangrene)的病原体[产气荚膜梭菌(*C. perfringens*)]。这三种是最明显可以致人死亡的疾病。

10.33　有不能形成芽孢的革兰氏阳性杆菌吗?

有几属革兰氏阳性杆菌不能形成芽孢。一个重要的例子是乳杆菌属(*Lactobacillus*),乳杆菌一般在厌氧条件下生长,并产生乳酸。在乳制品生产过程中,产生的乳酸凝聚牛奶成为**酸乳酪**(yogurt),乳杆菌也在人的阴道和胃肠道生长,产生酸而限制其他微生物种群的生长。商业上利用乳杆菌生产**酸菜**(sauerkraut)和**腌渍蔬菜**(pickle)。

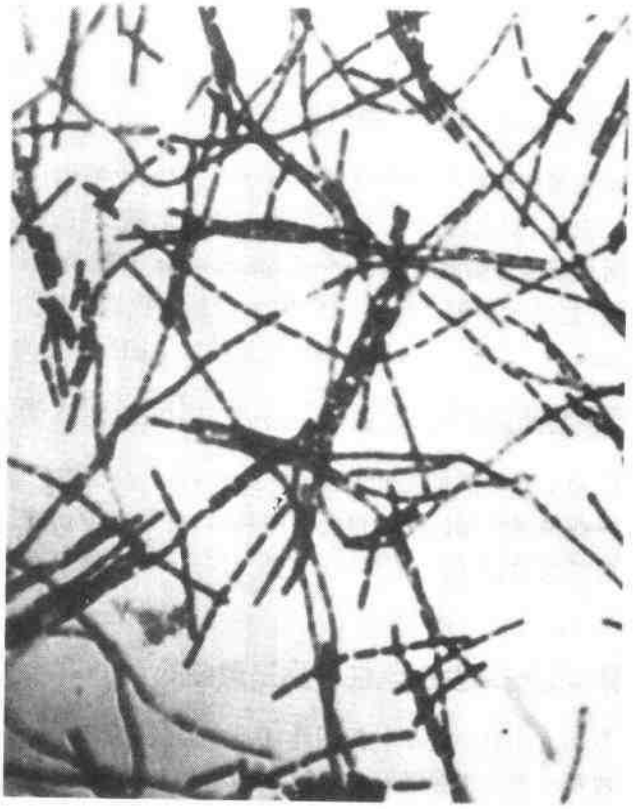


图 10-3 炭疽芽孢杆菌光学显微照片，炭疽病的病原体。看到细胞长链，在某些细胞中可见到卵圆形的芽孢。

10.34 有不形成芽孢的革兰氏阳性病原体吗?

有几个不形成芽孢的革兰氏阳性菌，它们是病原体。单核细胞增生利斯特氏菌(*Listeria monocytogenes*)是一个例子，**利斯特菌病**(listeriosis)的病原体。乳制品有时被这种微生物污染。另外的例子是白喉棒杆菌，**白喉**(diphtheria)的病原体，白喉是呼吸道上皮组织的一种疾病。最后的一个例子是衣氏放线菌(*Actinomyces israelii*)，引起**放线菌病**(actinomycosis)。这种微生物使动物和人的口和咽喉感染。

抗酸细菌和其他细菌

10.35 分枝杆菌属成员显著特征是什么?

分枝杆菌属的成员既不是革兰氏阳性菌，也不是革兰氏阴性菌。这些细菌是抗酸的，意指当它们用严格的方法被染上色之后，甚至用酸-醇溶液冲洗，也不会失去颜色。分类于该属的有两个重要的病原体：结核分枝杆菌，**结核(病)**的病原体和麻风分枝杆菌，引起**麻风(病)**(leprosy)。该属成员在它们的细菌壁中有分枝菌酸和其他脂肪物质，用常规方法不被染色。在实验室培养它们是极其困难的，研究者用它们进行研究也是困难的。图 10-4 为在光学显微镜下它们的形态。

10.36 除了分枝杆菌属成员外，有其他抗酸细菌吗?

诺卡氏菌属(*Nocardia*)成员也是抗酸的。这些是厌氧的丝状细菌，包括星状诺卡氏菌(*Nocardia asteroides*)。这种菌有时引起 AIDS 病人肺部的感染。

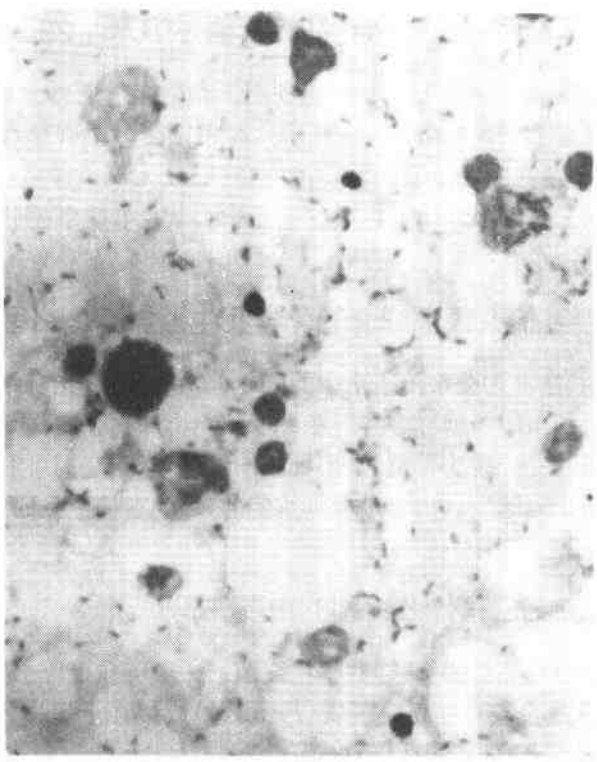


图 10-4　结核分枝杆菌光学显微镜的照片，结核病的病原体。用抗酸技术染色后，在肺的组织中看到杆菌。

10.37　细菌中有形成附肢的一些种吗?

有些属的细菌在其生活史的部分周期中形成茎(stalk)和芽。从主要的菌体突出的芽和茎称作**柄**(prosthecae)。柄可以固着细菌到一个物体表面，增加吸收营养物质的能力。柄杆菌属(*Caulobacter*)成员是有柄的。在此属中也看到了这种不寻常的繁殖方式。

10.38　细菌中哪一属成员能够滑行或形成芽?

细菌中至少有两属的成员可在一层黏液表面滑行。噬纤维菌属(*Cytophaga*)和贝日阿托氏菌属(*Beggiatoa*)的一些种属于滑行的类型。另一类型滑行的细菌叫做**黏细菌**(myxobacteria)是革兰氏阴性菌，彼此相向吸引，聚合形成细胞聚集的原质团。从原质团上长出柄，子实体在柄上或柄内产生称为黏菌孢子的孢子。每一个黏菌孢子萌发形成一个新的滑行细胞。

10.39　细菌中哪一属成员形成芽或鞘吗?

细菌中，生微丝菌属(*Hyphomicrobium*)成员通过形成微小突出体称为**芽**(bud)来生殖。在生殖过程中芽从母细胞中分离产生新的细胞。球衣菌属(*Sphaerotilus*)的成员能够在形成中空的鞘内居住。鞘是在淡水和污泥中合成的，并且它构成了这种微生物生活周期的重要时期。

10.40　在元素再循环中化能自养型细菌的重要性是什么?

化能自养型细菌(chemoautotrophic bacteria)通过体内的化学反应合成它们自己的食物和所用的能量。硝化细菌因它们参加土壤的氮素转换和有助于**氮循环**(nitrogen cycle)是特别重要的。在这方面**硝化杆菌属**(*Nitrobacter*)和亚硝化单胞菌属(*Nitrosomonas*)是重要的。另外有意义的化能自养型细菌是硫杆菌属(*Thiobacillus*)，该细菌利用硫化物，参加土壤中**硫循环**。

10.41 光能自养型细菌例子是什么？在元素循环中为什么重要？

光能自养型细菌(phototrophic bacteria)是利用日光的能量进行合成反应，并合成自己的食物的细菌。它们包括**紫色细菌**(purple bacteria)、**绿色细菌**(green bacteria)和**蓝细菌**。紫色和绿色细菌是厌氧菌，生活在湖和池塘的沉积物中，它们在无氧条件下进行光合作用，合成反应时利用硫化物代替水。硫的颗粒一般在其细胞质中。紫色非硫细菌和绿色非硫细菌合成反应时，用酸和糖类代替硫化物。

10.42 蓝细菌与素色细菌、绿色细菌的化学和生理学有什么区别？

蓝细菌是生活在湖、池塘和淡水及盐水中的好氧菌，它们通过光合作用利用日光能量生产它们的糖类。特殊的蓝细菌的细胞称为**异形胞**(heterocyst)，含有捕获氮气和转变成蓝细菌所用的氮化合物的酶。该菌二分裂法繁殖，是单细胞的形态，有时它们可形成菌落和丝状体。蓝细菌(以前称为蓝绿藻)在地球发展史上是极其重要的，因为它们产生的大量氧气，至今还存在于大气之中。

10.43 称为放线菌的细菌有什么特别的重要性吗？

放线菌(actinomycetes)是长的、缠绕的丝状细菌。一般可在土壤中发现它们，它们的丝状体给细菌提供高效率的营养。弗兰克氏菌属(*Frankia*)成员在土壤中固氮，提供氮素的再循环。链霉菌属(*Streptomyces*)的成员生产许多重要的抗生素。

10.44 放在细菌类群中并与其他细菌无关的立克次氏体的特征是什么？

立克次氏体是非常小的、直径大约 0.45μm 的细菌。发现它们有多种形态，被称为**多型**。该类菌不能运动，二分裂法繁殖，它们通常以节肢动物如虱和蜱为传播媒介。立克次氏体为人类重要的病原菌，是**洛基山斑疹热**(Rocky Mountain spotted fever)、**斑疹伤寒**(typhus)和其他疾病的病原体。伯氏考克斯氏体(*Coxiella burnetii*，即 Q 热病原体)是一种重要的乳制品污染物，引起 **Q 热**(Q fever)。

10.45 在医学微生物学中衣原体的意义是什么？

衣原体科(Chlamydiae)生物是一类小的、直径大约 0.25μm 的细菌。它们引起几种重要的疾病如**衣原体病**(chlamydia，一种性传染的疾病)，**鹦鹉热**(psittacosis，一种呼吸系统的疾病)，和**衣原体性肺炎**(chlamydial pneumonia)。该类微生物是多型的，而且在实验室很难培养。衣原体有大小两种细胞类型的生活史，包括一种感染的、小型细胞，称为**原体**(elementary body)和一种不感染的、大的细胞称为**网状体**(reticulate body)。衣原体只在活的细胞中繁殖。

10.46 支原体的显著特征是什么？

支原体是一类非常小的、直径大约 0.15μm 的细菌。它们是多型的，没有细胞壁。因为它们缺少细胞壁，如图 10-5 所证实，它们可具有许多种形态。它们对青霉素不敏感，支原体引起一种类型的行走性肺炎(walking pneumonia)，以及生殖道性传染的疾病称为支原体性尿道炎(mycoplasmal urethritis)。

10.47 古细菌的显著特征是什么？为什么古生物学家对这些细菌特别有兴趣？

古细菌是一类细菌，其起源要追溯到三百万年以前。它们极端耐热、耐酸和耐有毒气体，推测它们在地球形成的年代就已经有了。因为它们的细胞壁缺少肽聚糖，它们与多数细菌类

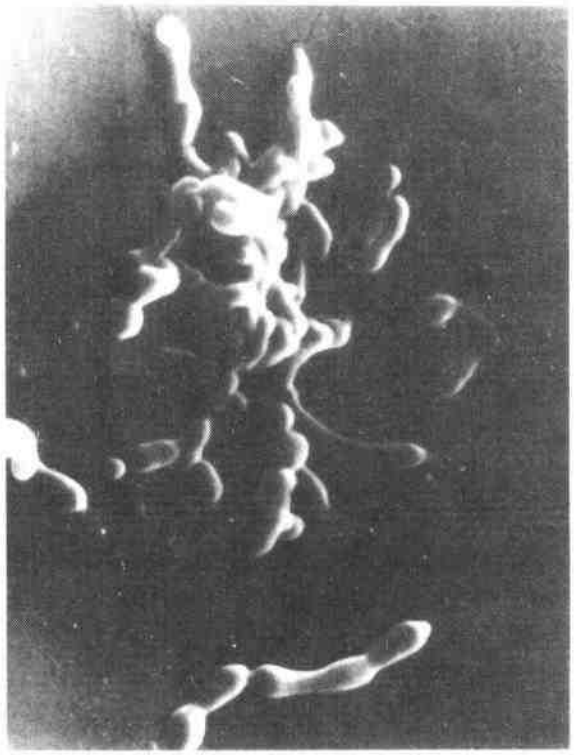


图 10－5　肺炎支原体扫描电子显微照片，引起行走性肺炎。这些细菌没有细胞壁，它们采取不固定的各种形态，像这样的细菌称为多型的。

群分开，而有时放在它们自己的古细菌界(archaea)[①]。古细菌在含有许多甲烷、硫、酸或热的环境中发现。这些条件许多是地球存在的早期阶段极长时期的原始条件。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 下述所有人类疾病都是由螺旋体引起的，除了(　　)之外。　(a)梅毒　(b)莱姆氏疏螺旋体病　(c)食物中毒　(d)钩端螺旋病
2. 空肠弯曲杆菌引起(　　)。　(a)带有皮疹的血液病　(b)伴随腹泻的肠疾病　(c)局部组织退化的皮肤病　(d)伴随麻痹的神经系统疾病
3. 所有下述特征皆适合于假单胞菌属，除了(　　)之外。　(a)它们是革兰氏阳性球菌　(b)它们分泌细胞外色素扩散至局部环境中　(c)它们引起鸡蛋发生蓝-绿色腐败　(d)它们用硝酸盐代替氧作为最终电子受体
4. 固氮菌属和根瘤菌属成员在自然界中是重要的，因为它们(　　)。　(a)分解硫的化合物　(b)将垃圾转变为复合肥料　(c)引起植物的严重疾病　(d)捕获空气中的氮并固定成为可用的化合物
5. 链球菌属成员引起(　　)。　(a)神经的疾病和蚀斑　(b)猩红热和心内膜炎　(c)脑(脊)膜炎和白喉　(d)食物中毒和疖
6. 嗜纤维菌属的一些种和黏细菌所以著名，因为它们(　　)。　(a)能产生致病的毒素　(b)倾向于产生吸收光的色素　(c)能够滑行　(d)能够形成芽孢
7. 化能自养型细菌是从化学反应中获得能量并(　　)的细菌。　(a)利用环境中预先形成的

① 古细菌域。——译者注

有机物 (b)合成它们自己的食物 (c)难以染色 (d)引起人类疾病如土拉菌病

8. 所有下述人类疾病皆由梭菌属成员引起，除了(　　)之外。 (a)肉毒中毒 (b)破伤风 (c)气性坏疽 (d)结核(病)

9. 所有下述特征皆适合于乳杆菌，除了(　　)之外。 (a)它们生活在人类的阴道和胃肠道内 (b)它们在乳制品中产生乳酸 (c)它们是好氧的革兰氏阴性球菌 (d)它们用来生产泡菜

10. 分枝杆菌属共有的特征是(　　)。 (a)抗酸 (b)容易在实验室培养 (c)成对的球菌 (d)螺旋体

11. 衣原体所有下述特征都是显著的，除了(　　)之外。 (a)它们是小的细菌 (b)它们的发育周期包括原体和网状体 (c)它们引起洛基山斑疹热和斑疹伤寒 (d)它们只在生活的细胞中繁殖

12. 在地球的最早年代生活的那些细菌属于(　　)类群。 (a)真细菌 (b)立克次氏体 (c)古细菌 (d)梭菌

13. 脱硫弧菌属的成员是著名的，因为它们参加了(　　)。 (a)氮的循环 (b)磷的循环 (c)硫的循环 (d)水的循环

14. 肠细菌是那些生活在(　　)的细菌。 (a)土壤中 (b)人类神经系统中 (c)人类的呼吸道中 (d)人类的肠道中

15. 百日咳博德特氏菌和土拉热弗朗西丝氏菌的共同特征是两细菌(　　)。 (a)是革兰氏阳性菌 (b)引起人类疾病 (c)参加土梭中氮的循环 (d)是立克次氏体的类型

16. 所有下述特征皆适合于螺旋体，除了(　　)之外。 (a)它们形成芽孢 (b)它们在实验室不易染色 (c)某些种可引起人类疾病 (d)通过运动轴丝它们能自由运动

17. 军团杆菌病是由一种在(　　)生活的细菌引起的。 (a)垃圾聚集的地方 (b)粪便中 (c)水聚集的地方 (d)在大气所到达的上层

18. 根瘤土壤杆菌是著名的，因为它们能引起(　　)。 (a)牙釉质腐蚀 (b)潮干得快 (c)植物疾病 (d) 土壤中积累硫的化合物

19. 所有芽孢杆菌属成员以(　　)著称。 (a)它们能分解含硫化合物 (b)它们能够形成芽孢 (c)它们能在无氧环境中生活 (d)它们具有荚膜

20. 球衣菌属的细菌是能够(　　)。(a)在环境中转变水为酸 (b)借助黏液滑行运动 (c)合成它们自己的食物 (d)居住在形成的中空鞘内

是非题 判断下列句子，正确则在句前写"T"，错误则替换划线的词进行更正。

__1. 分枝杆菌属成员以能够引起白喉而著称。

__2. 立克次氏体是非常小的细菌，发现它们有许多形态，所以称为自养型。

__3. 蓝细菌是好氧细菌，它们通过糖酵解过程，利用光能生产它们的糖类。

__4. 引起脑膜炎球菌脑(脊)膜炎和淋病的细菌属于葡萄球菌属。

__5. 紫色细菌和绿色细菌是厌氧的细菌，它们在无氧的条件下进行光合作用。

__6. 土壤中的重要化能自养型细菌有硫杆菌属，它们参加硫的循环。

__7. 淋巴腺鼠疫的病原菌是革兰氏阴性菌，称为霍乱弧菌。

__8. 诺卡氏菌属成员既不是革兰氏阳性菌，又不是革兰氏阴性菌，而是抗酸细菌。

__9. 引起幼儿呼吸系统障碍和窒息的疾病，有可能是遭受沙门氏菌病的损害。

__10. 在人类口腔的牙齿和龈缝中发现的蚀斑，常常躲藏有嘉利翁氏菌属的一些种。

__11. 一般在人类胃肠道发现的细菌通称为亲肺的细菌。

__12. 对已知细菌种分类列表的官方手册是《伯杰氏系统细菌学手册》。

__13. 螺旋体在周围环境运动是用一套称为纤毛的超显微的纤维。

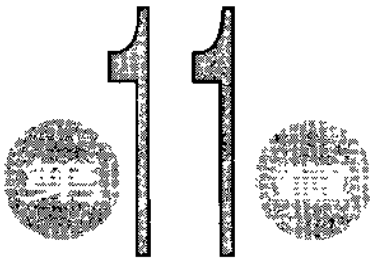
__14. 布鲁氏菌属的一些种相当普遍地能在植物中引起疾病。

__ **15.** 固氮菌属和根瘤菌属成员以它们能进行固氮而著称。
__ **16.** 一种引起人类结膜炎(急性结膜炎)的微生物是白喉棒杆菌。
__ **17.** 革兰氏阴性杆菌中黏质沙雷氏菌以产生灵菌红素,亮红色素而著称。
__ **18.** 古细菌从多数细菌类群分离出来是由于它们的细胞壁缺少葡萄糖。
__ **19.** 长的、缠绕成丝状细胞特征的细菌类群称为蓝细菌。
__ **20.** 细菌类群中柄杆菌属几个种能够形成柄以固着细菌到物体的表面。

匹配题　从 B 栏中选出一个所列特征,与 A 栏相对应的细菌属名匹配。

A 栏	B 栏
__ 1. 弧菌属	(a) 出芽方式繁殖
__ 2. 根瘤菌属	(b) 放线菌;产生抗生素
__ 3. 沙雷氏菌属	(c) 引起软下疳(梅毒)和脑(脊)膜炎
__ 4. 韦荣氏菌属	(d) 植物中引起冠瘿
__ 5. 密螺旋体属	(e) 引起胃溃疡
__ 6. 芽孢杆菌属	(f) 测量 0.25μm 直径
__ 7. 嗜血菌属	(g) 肠中无害的共生体
__ 8. 螺菌属	(h) 产生红的色素——灵红菌素
__ 9. 棒杆菌属	(i) 牙蚀斑上厌氧生活
__ 10. 螺杆菌属	(j) 牛奶转变成酸乳酪
__ 11. 疏螺旋体属	(k) 引起鼠咬热,螺旋状
__ 12. 生丝微菌属	(l) 革兰氏阴性,稍微弯曲
__ 13. 考克斯氏体属	(m) 好氧形成芽孢的,引起炭疽病
__ 14. 面氮菌属	(n) 生活在豆科植物根中
__ 15. 埃希氏菌属	(o) 一种立克次氏体,引起 Q 热
__ 16. 链霉菌属	(p) 引起白喉
__ 17. 土壤杆菌属	(q) 检测微生物,运动能力
__ 18. 变形菌属	(r) 引起梅毒,螺旋状
__ 19. 衣原体属	(s) 在土壤中游离生活,捕获氮
__ 20. 乳杆菌属	(t) 引起莱姆氏疏螺旋体病

(林稚兰 译)



真菌

内　容

真菌是工业上和医学上重要的一类真核微生物。本章内容是：

1. 讨论真菌的主要特征。
2. 阐述霉菌和酵母菌中发现的微观和宏观的结构。
3. 叙述真菌营养类型及增殖所需的环境特征。
4. 概述真菌的繁殖方式及识别真菌生活史中重要的孢子。
5. 六类真菌重要特征比较。
6. 简要讨论由真菌引起的几种疾病。

原理和问题

11.1　真菌与细菌和其他微生物是怎样的关系?

真菌被认为是真核生物，与原核生物的细菌不同，归属在不同的分类类型。如第 4 章中所述，真核生物的细胞有细胞核及复杂的染色体和核膜，以及一系列的细胞器和其他显著特征。在这方面，真菌和单细胞藻类（第 13 章）、原生动物（第 12 章）是分在同一个分类类型中的。

11.2　哪一种类型的生物被认为是真菌?

多种生物被认为是真菌，分类属于 Whittaker 分类系统的真菌界中。包括酵母菌、霉菌、块菌、羊肚菌、蘑菇和众多的其他生物。另外，许多生物学家将黏菌分类在真菌界中（尽管其他许多生物学家认为它们更像原生动物）。

真菌的特征

11.3　哪些特征适合于真菌?

一般地说，真菌与其他真核生物不同，它们具有坚韧的细胞壁；它们有一种从化学反应获得能量的代谢类型（而不是光合作用）。而且，它们有靠从外界环境吸收简单分子的异养方式。它们没有叶绿素。某些真菌是单细胞的，而另外一些真菌是多细胞的。它们一般不运动。黏菌是该类型的一个例外，黏菌有一个使人联想到原生动物的可运动的阶段。本章将简要介绍黏菌。

11.4　真菌细胞壁与其他微生物相比有什么区别?

真菌的细胞壁化学成分是单一的。它们含有几丁质（一种乙酰葡萄糖胺的多聚体），以及小量的纤维素和称作葡聚糖的葡萄糖的多聚体。

11.5　观察真菌需要显微镜吗?

某些真菌如酵母菌是细微的，而其他真菌如霉菌和蘑菇是肉眼可见的，不需用显微镜去观

察它们形态的细节。酵母菌是单细胞的真核生物，而霉菌和其他真菌是多细胞的。在多细胞的真菌中，分枝丝状的细胞称为**菌丝**(hyphae)。一团丝状的菌丝称为**菌丝体**。许多真菌的菌丝中有横壁将细胞隔开。

11.6 霉菌有哪些类不同的菌丝?

霉菌基本有两类菌丝：**营养菌丝**(vegetative hyphae)，固定霉菌在培养基上吸收营养物质；**气生菌丝**(aerial hyphae)，形成真菌的繁殖结构，这些结构和典型真菌的其他一般结构如图 11-1 所示。气生菌丝顶端形成孢子，通常真菌的菌丝有颜色。

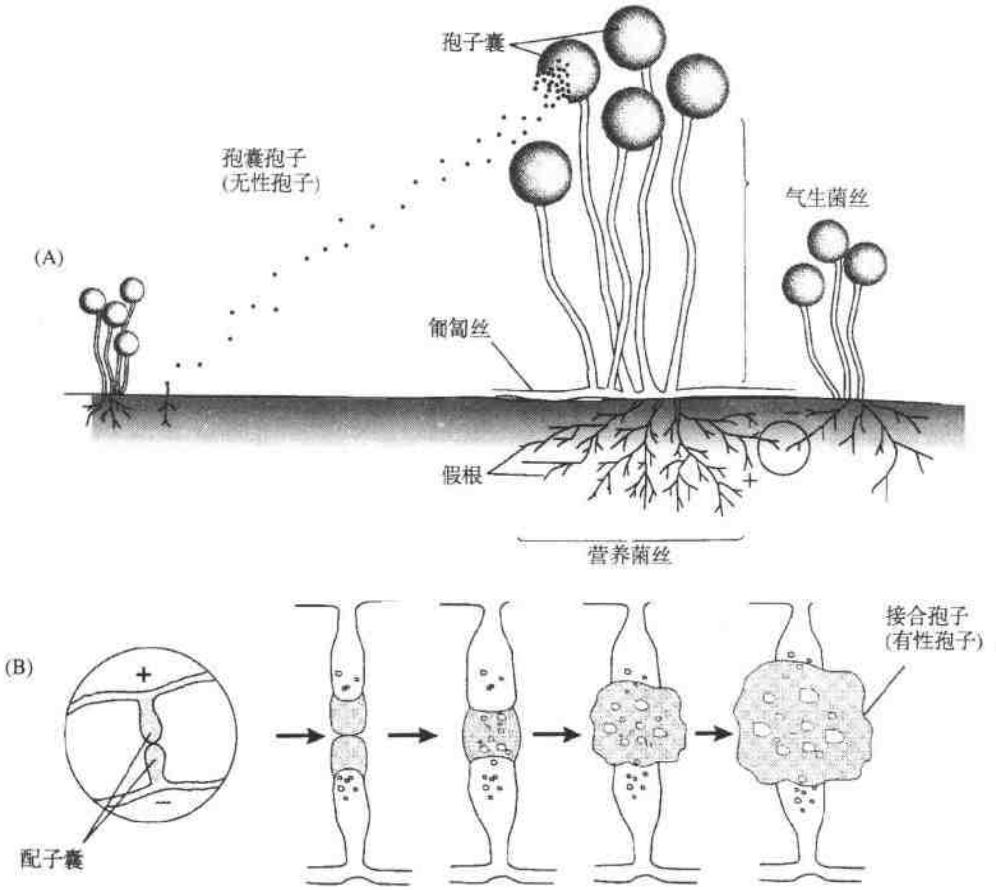


图 11-1 真菌的某些一般特征。(A) 接合菌纲的营养菌丝及气生菌丝，每个无性孢子都能繁殖成真菌菌丝；(B) 真菌有性繁殖阶段，营养菌丝联合，在融合点形成有性孢子，这种繁殖方式发生在接合菌纲中。

11.7 真菌的多细胞特征与植物的相似吗?

真菌细胞间的横壁叫做**(横)隔壁**(septa，或称隔膜，单数 septum)。隔壁常常穿孔，相邻细胞间的原生质相混合。细胞核也可在细胞中移动，所以真菌的多细胞特征与植物中的不同，植物中的所有细胞是完全分开独立的。

11.8 真菌菌丝的细胞间全都有隔壁吗?

真菌不是所有种都有隔壁。某些真菌缺少这种分割，称为**无隔菌丝**(nonseptate) 或**多核菌丝**(coenocytic)。普通的面包霉，匍枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)亦称黑根霉，是无隔菌丝(多核菌丝)真菌的一个例子。

11.9 酵母菌细胞一般的描述是什么?

酵母菌细胞是不形成菌丝或菌丝体的单细胞真菌。酵母细胞是卵圆形的，直径 5～

10μm。观察酵母菌的结构只能用显微镜。酵母菌繁殖方式为有性生殖及无性生殖。

11.10 哪些真菌有酵母菌和霉菌两者的形态?

某些真菌在一些环境条件下能形成菌丝体,而在另外的环境条件下可转变成酵母菌的形态。这些真菌被说成是**双相的**(biphasic)或**二态的**(dimorphic)。双相真菌的一个例子是**白假丝酵母**,在女性中可引起"酵母病"。在体内该菌生长呈卵圆形,但在实验室中它形成菌丝。

真菌的生理学和繁殖

11.11 真菌是哪种营养类型?

真菌是**异养的**(heterotrophic)微生物,也就是说,它们利用预先合成的有机分子作为它们的营养。真菌分泌消化酶至周围环境,分解有机的大分子成能被吸收的小分子。它们从细胞中进行的化学反应获得能量。大多数真菌生活在有氧环境中。

11.12 真菌能耐受极端环境吗?

某些真菌能耐受高浓度糖、高浓度酸的环境和极冷的温度。在冰箱中发现酸奶油长霉菌,是常有的事。

11.13 有厌氧真菌吗?

大多数熟悉的厌氧真菌是酵母菌。这个微生物是兼性厌氧的,也就是说,它们在有氧存在时,代谢营养物,但当氧缺少时,它们能转而进行无氧代谢和**发酵**(fermentation)过程。发酵是当厌氧时通过酵解途径分解葡萄糖分子获得能量的一个化学过程。

11.14 酵母菌细胞发酵过程有什么重要的工业产品吗?

酵母菌细胞发酵代谢葡萄糖时,它们分解糖类,释放其能量,形成乙醇和 CO_2。在烘焙过程中,CO_2 帮助生面团升起。在饮料酒生产中,乙酵是啤酒、葡萄酒和饮料酒的基础。因此,酵母菌是许多工业加工过程基本的微生物。一个重要的种是**酿酒酵母**,它是普通的面包师和酿啤酒者的酵母菌。

11.15 真菌怎样繁殖?

多数真菌通过有性生殖和无性生殖方式进行繁殖。两种情况下,繁殖的重要特征都是单细胞的孢子称作**孢子**(spore)。相反的,细菌的芽孢功能用作抗性机制,真菌的孢子基本上是繁殖。一个单个的孢子是能够再生发育成真菌的整个菌丝体。

11.16 真菌中无性繁殖的方式是怎样的?

真菌**无性繁殖**(asexual reproductive)方式发生在气生菌丝的顶端。有丝分裂在菌丝顶端发生,子细胞发育成**孢子**,孢子随风传播离去,并在远处降落。然后孢子萌发,新的细胞,发育成菌丝和繁殖真菌。无性繁殖不经过两性细胞联合,而且无性繁殖产生的孢子一般数目是非常多的。所有的孢子遗传性上是相同的。

11.17 真菌能产生哪些不同种类的无性孢子?

真菌所产生的各种类型的无性孢子,因其基因和基因的表达不同而异。例如,**节孢子**(arthrospore)由菌丝顶端的菌丝断裂而成的孢子,而**芽孢子**(blastospore)是有隔菌丝产生小突起而形成的。**分生孢子**(conidiospore)是菌丝顶端通过有丝分裂形成的未被保护的孢子,**孢囊孢子**(sporangiospore),在一个称为孢子囊内产生的孢子。

11.18 真菌中无性繁殖方式只有形成孢子吗?

酵母菌细胞发生的无性繁殖是一种不产孢子的类型。酵母菌细胞经过有丝分裂并在其边缘形成一个小的细胞。这个小细胞称为**芽**,芽体增大,最后和母细胞分离。这个过程称为**芽殖**(budding)。

11.19 描述真菌种中有性繁殖的一般过程?

有性繁殖(sexual reproduction)以产生单倍体的配子开始,每个配子含有一套单倍体的染色体。配子由性别相反的亲代真菌细胞产生。通过减数分裂产生配子,然后配子融合形成一个二倍体的细胞称为**接合子**(zygote)。融合的详细过程和接合子的发育见图 11-2。接合子有时仍留在亲代的菌丝上,再经过复杂的细胞分裂,接合子经过有丝分裂,发育成遗传性上不

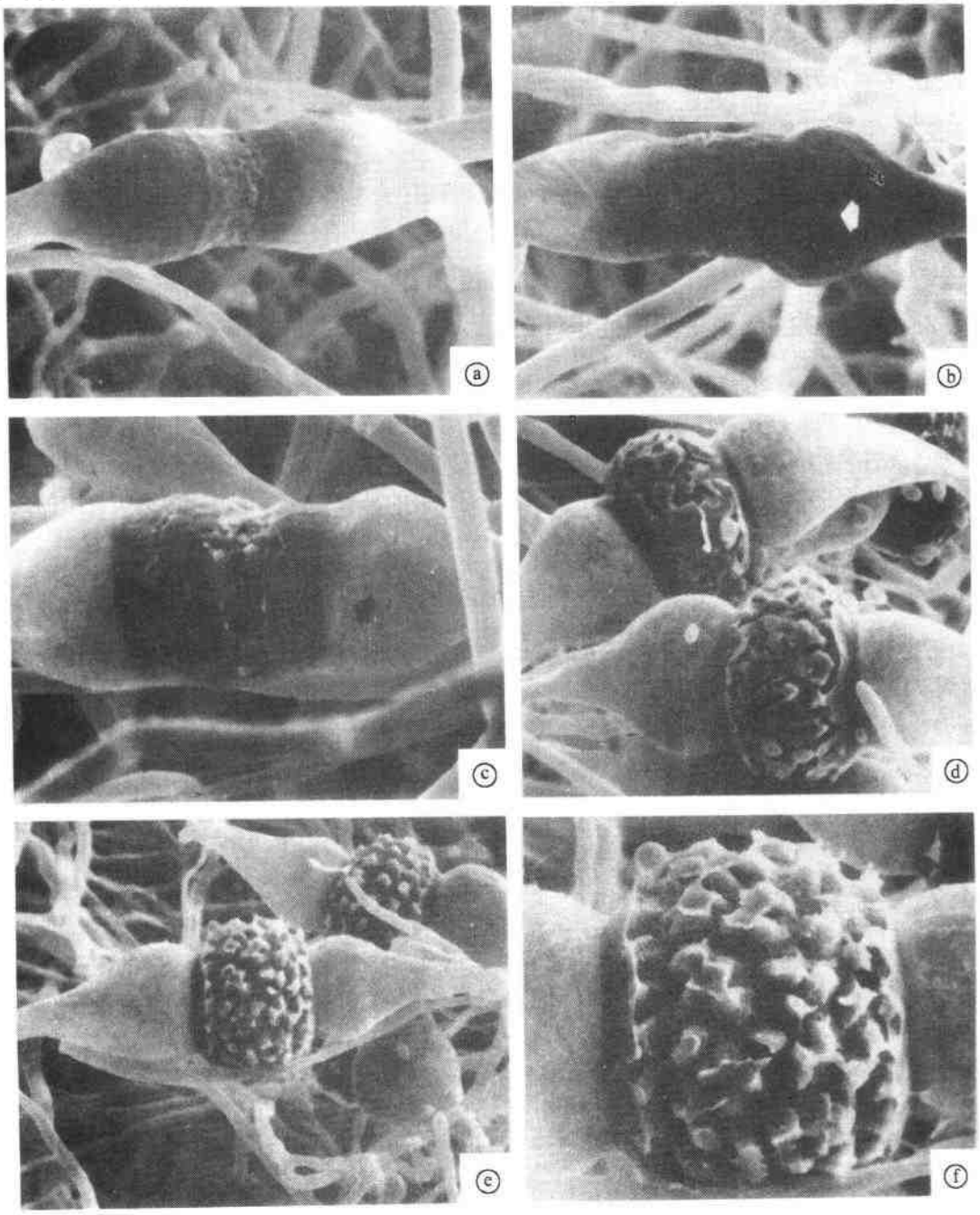


图 11-2 显示接合子发育的扫描电子显微系列照片。真菌中有性繁殖形成接合孢子。通过亲代真菌细胞产生的单倍体配子融合形成双倍体细胞。

同的菌丝体。有时接合子将会自由地裂开并在别处建立一个新的菌丝体。

11.20 在单个菌丝中能区分配子的类型吗?

单个菌丝体可含有雄性和雌性两种细胞,由性别相反的细胞[①]产生雄配子和雌配子,术语"+"代表"雄性"及"−"代表"雌性"。在某些真菌中,存在不同的交配类型,所以一个单个的霉菌可以是雄性(+)或雌性(−)类型。

真菌的分类

11.21 繁殖过程和真菌的分类系统有什么样的关系?

真菌是如此多样和复杂,一个分类方案是不可能普遍通用的。一般用的分类方案是依据有性繁殖形成孢子的机制而定。按照广泛采用的方案,真菌分为**真菌门**(Eumycophyta)和**黏菌门**(Myxomycophyta)。黏菌门的成员是黏菌。真菌门或真正的真菌,根据其产生有性孢子的方法再细分为六类。

11.22 真菌门中六类分类名称是什么?

真菌门分为下面几类:卵菌纲、壶菌纲、接合菌纲、子囊菌纲、担子菌纲和半知菌纲[②]。前面的五类存在有性繁殖,但半知菌纲的成员中还没有观察到有性繁殖,这类中的种只通过无性繁殖的方法繁殖。

11.23 卵菌纲的成员主要特征是什么?

卵菌纲(Oomycetes)的成员是水生真菌,无性繁殖时产生能运动的、带鞭毛的**游动孢子**(zoospore)。某些种在有性繁殖方式时也产生能运动的游动孢子,但这类中也存在不能运动的种。无性繁殖过程游动孢子是在孢子囊中形成的。有性孢子称为**卵孢子**(oospore),是这个类群成员主要的繁殖结构。与爱尔兰马铃薯饥荒有关的马铃薯疫病是由卵菌纲类群中的成员**致病疫霉**(*Phytophthora infestans*,即马铃薯晚疫病菌)引起的。

11.24 壶菌纲的特征与卵菌纲特征有什么不同?

像卵菌纲一样,**壶菌纲**(Chytridiomycetes)形成有鞭毛和能运动的游动孢子。在无性的生活周期中,壶菌纲的游动孢子固定在一个固体表面并形成一个特殊分枝的菌丝称为**假根**(rhizoid)。假根将真菌固定到陆地的环境。比较起来,卵菌纲还是水生的。壶菌纲随着菌丝生长,形成球形的游动孢子囊。**游动孢子**在游动孢子囊中发育。然后每一个游动孢子萌发形成一个新的菌丝体。壶菌纲中有性繁殖像卵菌纲一样,雄配子和雌配子融合形成一个有性孢子称为卵孢子。

11.25 接合菌纲类群具有哪些典型的真菌特征?

接合菌纲(Zygomycetes)的真菌有无隔菌丝以及在称为**孢子囊**的囊中产生的**孢子囊孢子**(sporangiospore)。有性繁殖周期中,不同交配型的细胞融合,发育成称为**接合孢子**(zygospore)的有性孢子。然后接合孢子移动到如一片面包的表面,并萌发产生真菌。**匍枝根霉**,普通面包霉,是一种接合菌,有类似锚的假根和强壮的表面结构称为匍匐丝。

11.26 真菌接合菌纲类群成员有工业用途吗?

接合菌纲有各种各样的成员,包括**根霉属**(*Rhizopus*)的成员,都是工业上利用的微生物。

① 不同交配型的细胞。——译者注

② 亦有称为……亚门的。—— 译者注

这些真菌用于发酵大豆成酱油，修饰类固醇生产可的松和避孕药，以及生产有机酸如柠檬酸和醋酸。在这些工业生产过程中，科学家们利用真菌中单一的酶系统或代谢的缺陷，使特殊的末端产物积累。

11.27 哪些是子囊菌纲的显著特征?

子囊菌纲(Ascomycetes)产生的有性孢子叫做**子囊孢子**(ascospore)。子囊孢子是在微小的囊称作**子囊**(asci，单数 ascus)中形成的，而发现的大的结构称为**子囊果**(ascocarp)。典型的每个子囊有 8 个**子囊孢子**。由不同交配型的菌丝发生融合后子囊发育。酿酒酵母(啤酒酿造和烘焙面包的酵母菌)和引起麦角病(ergot)的**麦角**菌(*Claviceps purpurea*)是子囊菌纲中的类群。许多二态的真菌分类在**子囊**菌纲。

11.28 哪些特征将担子菌纲与其他真菌区分开?

担子菌纲(Basidiomycetes)包括各种各样的蘑菇、马勃、羊肚菌和块菌等类群，共同称为**担子果**(basidiocarp)。当有性繁殖周期时，该类中的真菌形成产孢子的结构称为**担子**(basidia，单数 basidium)。在此结构上，形成的许多有性孢子称作**担孢**子(basidiospore)，担孢子借风传播，萌发繁衍真菌。

11.29 普通的菌菇适合于用真菌描述吗?

普通的**蘑菇**(mushroom)是无数的菌丝链形成的紧紧包裹的菌丝体。蘑菇盖(帽)的下侧，在繁殖的周期中，担子上形成一系列的担孢子。随着孢子的传播，每一个孢子萌发并繁殖形成蘑菇。

11.30 所有蘑菇都能安全食用吗?

有些蘑菇可以安全食用，有些则极其有毒。例如，**鹅膏属**(*Amanita*，毒伞属)的成员对人类是很毒的，可引起中毒死亡，而**蘑菇属**(*Agaricus*，伞菌属)的成员食用安全。蘑菇属的一些种一般作为蘑菇在超级市场出售。

11.31 担子菌纲类群中有人类病原菌吗?

许多农业的病虫害包括**锈菌**(rust)和**黑粉菌**(smut)真菌是属于担子菌纲的。锈病和黑粉病发生在玉米、小麦和其他农业谷物上。与有毒的蘑菇不同的是，在担子菌纲类群中人类的病原菌是不多的。

11.32 半知菌纲分类和其他真菌有什么不同?

现在分类于**半知菌纲**(Deuteromycetes)的真菌还不知道是否有有性繁殖的阶段。有性繁殖周期可能存在，但科学家还未观察到。按惯例，当有性繁殖周期已被描述时，这个真菌放在其他类中。半知菌纲的成员繁殖的惟一方式是无性繁殖，包括菌丝断裂或产生无性孢子。因为这类真菌不知是否有有性周期，它们被称为“半知菌”(imperfect fungi)或半知真菌(fungi imperfecti)。

11.33 人类的许多病原菌囊于真囊的哪一类?

真菌的所有类中皆发现有病原菌。人类的许多病原菌现今分类在半知菌纲中，包括引起鹅口疮、“酵母菌”感染和其他病症的白假丝酵母。也有分类在这一纲引起脑膜炎(spinal meningitis)的**微荚膜新隐球酵母**(*Cryptococcus neoformans*)，和引起组织胞浆菌病(histoplasmosis)、酵母病(blastomycosis，即芽生菌病)和球孢子菌病(coccidioidomycosis)的真菌。

11.34 有什么真菌与其他生物联合栖居吗?

许多种真菌在自然界中与其他生物一起存在共生关系。这种共生称**互利共栖**(mutualism),对真菌和其他生物相互有益。互利共栖的一个例子是**地衣**(lichen)。在这种关系中,真菌与单细胞藻类共存。藻类细胞执行光合作用,为其自己和真菌提供糖类;真菌给藻类细胞遮蔽强光和使藻类细胞免于干燥,同时提供有用的营养。地衣是壳状的、在许多岩石和树干上发现的有颜色的生长物。

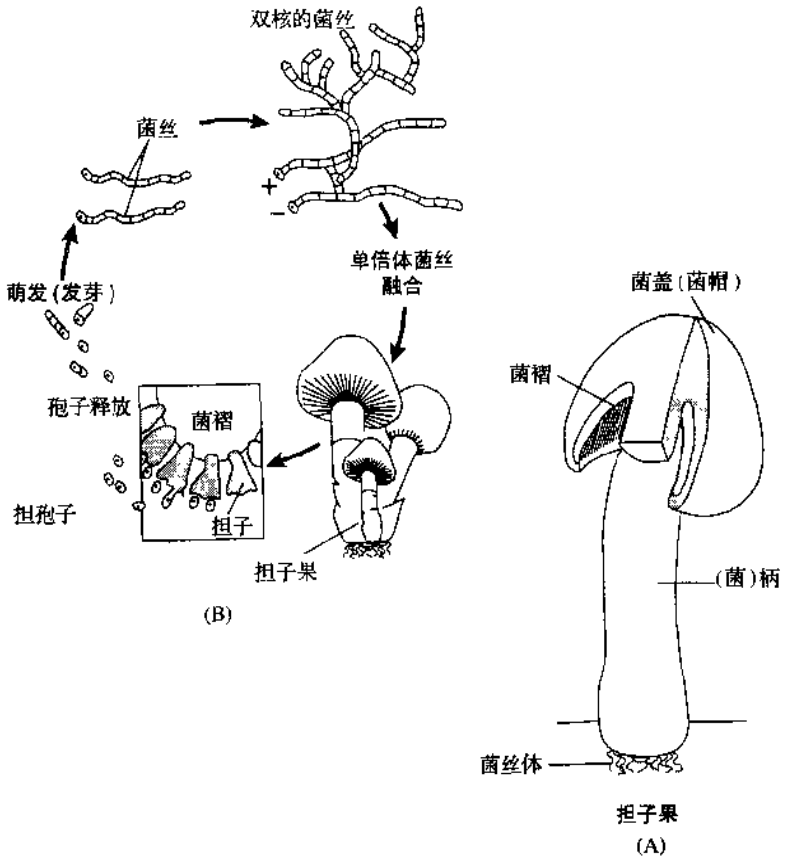


图 11-3 普通蘑菇的图解,担子菌纲类群的一个成员。(A)蘑菇宏观特征显示紧紧包裹的菌丝团称为菌柄,在蘑菇盖的下面沿着菌褶着生担子;(B)蘑菇的生活史,以不同交配型的菌丝融合开始,发育成菌丝体和担子果。担孢子是有性孢子,担子菌纲典型的产生有性孢子的方式。

11.35 真菌共生关系的另一个例子是什么?

共生的另外一个例子是**菌根**(mycorrhiza),一种真菌与植物根之间的联合。菌根发生在许多森林树木的根上,真菌从植物上获得许多营养,又帮助植物根吸收土壤的营养。

11.36 黏菌门成员的一般特征是什么?

黏菌门成员是**黏菌**(slime mold)。某些条件下,黏菌像一团变形虫状原生质团。它们在腐烂的原木或树叶上伸缩移动,营养方式为吞食。这个阶段称为**原质团**(plasmodium)。如图 11-4 所示,它像一个蛞蝓[①],有许多核。当原质团成熟时,它移动至亮的区域,发育成子实体,在菌柄的顶端形成孢子。这个阶段类似霉菌,也是黏菌分类于真菌界的理由。孢子对极端环境有抗性,当条件适宜时,孢子萌发形成带鞭毛的**游动细胞**(swarm cell)——变形虫状细胞。

① 鼻涕虫,一种动作迟缓的动物。——译者注

以后融合形成多核的原质团并完成生活史。

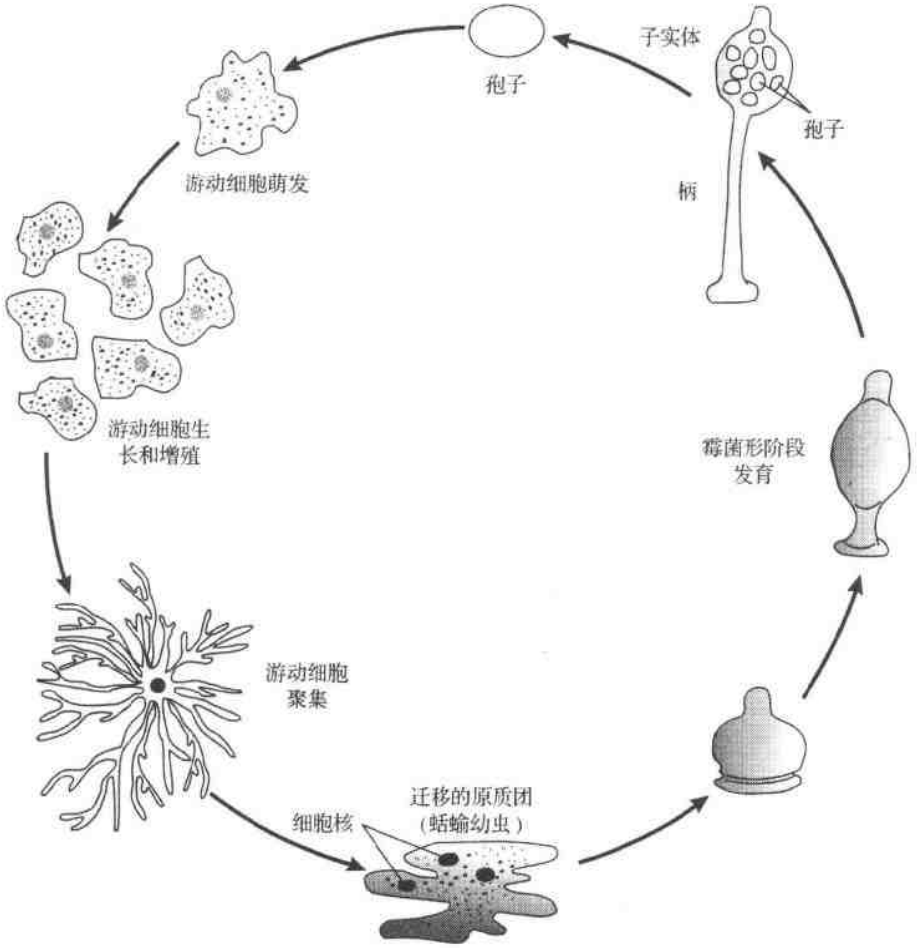


图 11-4 黏菌的生活史。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 所有下列生物都被认为是真菌,除了( )之外。 (a)蘑菇 (b)酵母菌 (c)霉菌 (d)变形虫
2. 在五界分类系统中,真菌放在称为( )界中。 (a)原生动物 (b)真菌 (c)藻类 (d)原核生物
3. 霉菌菌丝体是一种( )。 (a)繁殖孢子的类型 (b)细胞壁的结构 (c)分枝菌丝团块 (d)运动的结构
4. 二态的真菌具有( )。 (a)繁殖的多种类型的 (b)孢子的多种形态的 (c)霉菌和酵母菌形态的 (d)交替运动类型的
5. 所有下述特征皆适合酵母菌细胞,除了( )之外。 (a)它们不形成菌丝 (b)它们是典型的卵圆形细胞 (c)它们只能用显微镜才能看见 (d)它们是多细胞的真菌
6. 酵母菌细胞通过( )过程从糖分子获得能量。 (a)光合作用 (b)发酵 (c)呼吸 (d)三羧酸循环
7. 真菌繁殖的重要特征是( )。 (a)隔壁 (b)孢子 (c)细胞壁结构 (d)营养类型
8. 芽生孢子和节孢子两种是( )。 (a)有性孢子的典型 (b)酵母菌产生的 (c)类似于细菌 (d)无性孢子的不同种类

9. 气生菌丝的顶端有丝分裂过程说明(　　)。 (a)真菌的运动 (b)真菌能量化合物的合成 (c)无性孢子的产生 (d)真菌中 ATP 的产生
10. 卵菌纲和壶菌纲真菌类群成员共有的特征是(　　)。 (a)产生游动孢子 (b)不知道有性繁殖周期 (c)光合作用 (d)原核生物结构
11. 真菌中六类分类根据(　　)。 (a)定位的方法 (b)有性繁殖的方式 (c)形成隔壁的能力 (d)存在各种数目的染色体
12. 下面哪个特征适合于接合菌纲的真菌(　　)。 (a)真菌是原核生物 (b)真菌有叶绿素 (c)根霉属是这类生物的一个成员 (d)有性孢子称作子囊孢子
13. 一般啤酒酿造和烘焙的酵母专业名称为(　　)。 (a)白假丝酵母 (b)大肠杆菌 (c)毒鹅膏菌(*Amanita toxicans*) (d)酿酒酵母
14. 普通的蘑菇、马勃、块菌属于真菌类称为(　　)之中。 (a)子囊菌纲 (b)担子菌纲 (c)卵菌纲 (d)半知菌纲
15. 人类中引起鹅口疮、酵母菌感染和其他病症是真菌的(　　)。 (a)微荚膜新隐球酵母 (b)*Agaricus nigricans*(蘑菇属的一种成员) (c)白假丝酵母 (d)匍枝根霉
16. 真菌半知菌纲分类的得名是因为它们(　　)。 (a)经过光合作用 (b)缺少隔壁 (c)产生担孢子 (d)缺少已知的有性繁殖周期
17. 所有下述特征能在真菌中发现,除了(　　)之外。 (a)它们缺少叶绿素 (b)它们有一个异养营养的方式 (c)它们都能运动 (d)它们是单细胞或多细胞的
18. 真菌中发现的惟一的几丁质物质存在于(　　)中。 (a)细胞质 (b)孢子 (c)细胞壁 (d)线粒体
19. 营养菌丝是那些用于(　　)的菌丝。 (a)产生繁殖结构 (b)吸收营养 (c)形成线粒体 (d)形成隔壁
20. 多数真菌生活在有(　　)的地方。 (a)氧气 (b)高碱的环境 (c)无氧的环境 (d)富含 CO_2 的环境
21. 酵母菌细胞在其代谢过程中释放 CO_2,可以用于(　　)。 (a)生产丝线 (b)产风味混制酒 (c)产生孢子 (d)制作面包使发酵
22. 有性生殖产生的孢子是(　　)。 (a)营养上不能存活 (b)类似担孢子 (c)遗传性上一致 (d)不被半知菌纲产生
23. 无性繁殖出芽过程发生在(　　)。 (a)所有真菌 (b)酵母菌 (c)经过有性繁殖的真菌 (d)真菌中没有
24. 孢子囊是真菌(　　)的结构。 (a)在其中形成孢子 (b)用于从环境获得营养 (c)从糖释放能量 (d)合成核糖体
25. 普通食用的蘑菇是(　　)。 (a)真菌的孢子团 (b)菌丝的类型 (c)紧紧包裹的菌丝体 (d)用于产生无性孢子的结构

填空题 在下面的各句中用适当的词或词组填空

1. 酵母菌或_____是二态的真菌。
2. 耐极端环境的真菌是耐高浓度糖和高浓度_____。
3. 酵母菌具有能在有或无_____中生活的能力。
4. 细菌的芽孢用于抗性,真菌的孢子用于_____。
5. 在孢子囊中形成的无性孢子称为_____。
6. 真菌的营养方式是_____。
7. 真菌的细胞壁含有的纤维素、几丁质和葡萄糖的多聚体称为_____。
8. 真菌中形成繁殖结构的那些菌丝叫做_____。
9. 普通酵母菌所观察到的细胞典型形状是_____。

10. 酵母菌完成代谢过程，并在啤酒工业和葡萄酒工业中应用的是_____。
11. 在真菌的有性繁殖过程，“雄性”和“雌性”术语常被_____术语所代替。
12. 真菌一般分成两个主要的类群，真正的真菌放在_____。
13. 能运动的游动孢子是由真菌分类中的壶菌纲和_____产生的。
14. 发酵大豆成酱油，修饰类固醇及生产有机酸的真菌是_____中的。
15. 蘑菇属的蘑菇食用是安全的，但有毒的蘑菇是_____属的。

匹配题 从B栏选出真菌类别与A栏所列适合的特征匹配。

A栏	B栏
__ 1. 形成子囊孢子	(a)卵菌纲
__ 2. 普通蘑菇	(b)壶菌纲
__ 3. 半知菌	(c)接合菌纲
__ 4. 接合孢子类型	(d)子囊菌纲
__ 5. 水生真菌	(e)担子菌纲
__ 6. 包括发酵的酵母菌	(f)半知菌纲
__ 7. 不知道有性周期	
__ 8. 有性生殖中产孢子的结构	
__ 9. 白假丝酵母的成员	
__ 10. 引起麦角病的菌种	
__ 11. 有孢囊孢子的无隔菌丝	
__ 12. 固定用的假根	
__ 13. 包括根霉属	
__ 14. 只有无性繁殖方式繁殖	
__ 15. 包括锈菌和黑粉菌的真菌	

（林稚兰 译）

第12章 原生动物

内　容

原生动物是一类多数都具有独立运动能力的真核微生物。变形虫、鞭毛虫和纤毛虫都属于原生动物。本章内容是：

1. 了解原生动物所居住的环境及其营养类型。
2. 认识原生动物细胞某些独特的特征。
3. 阐述原生动物的生殖方式和原生动物中发生的生殖类型。
4. 概述四个主要类群原生动物的特征。
5. 简单介绍由各种原生动物引起的某些疾病。

原理和问题

12.1　原生动物与其他类群微生物比较有什么区别?

原生动物是有"类似动物"特征的真核微生物。像其他的真核生物一样，它们的细胞有细胞核、核膜、细胞器、复杂的染色体以及生殖过程有有丝分裂结构。

12.2　原生动物分在哪一类群?

原生动物与单细胞藻类一起现在分类于原生生物界(Kingdom Protista)。它们被认为是向真菌、植物、动物进化的基本原种。

原生动物的特征

12.3　原生动物的细胞组成及这些生物所表现的一般营养类型是什么?

原生动物与多细胞的真菌、植物和动物比较，是单细胞的微生物。原生动物是异养类型的，它们通过摄取小的、有机物质颗粒获得食物。这些颗粒被吞入细胞内消化，消化的产物用于合成反应。

12.4　原生动物在哪些环境中栖居?

原生动物一般栖居在水环境中。虽然也发现某些种可在土壤里栖居，但原生动物的主要类群栖居在盐水和淡水中，如在海洋、池塘和湖泊中。某些原生动物是寄生的，如引起疟疾和昏睡病的生物。这些生物居住在人和动物的组织中，从生活细胞中取得它们的营养。

12.5　原生动物细胞的普通形态学

原生动物没有细胞壁，因此不同于细菌、真菌和植物。它们的细胞由细胞膜包围，围在膜内的是原生动物的细胞质，在这方面它们与动物的细胞类似。某些种原生动物包裹在壳内，某些能形成有高度抗性的**孢囊**抵抗严酷的环境。在原生质内部，原生动物细胞质分为**内质**(endoplasm)(内部的区域)和**外质**(exoplasm)(外部的区域)。在细胞质中也发现各种细胞器，包

括线粒体、高尔基体、溶酶体和液泡等。

12.6　原生动物中伸缩泡和细胞骨架的功能是什么?

许多原生动物形成与膜结合的泡囊-**伸缩泡**(contractive vacuole),它们的功能是收集和排出液体,以维持细胞质中最适的液体浓度[①]。内部的细胞骨架为一个微纤维和微管构成的迷宫,帮助原生动物细胞保持结构的完整性。

12.7　原生动物细胞核中发现的独特特征是什么?

许多种原生动物是独特的,因它们具有大小两个不同的核,**大核**(macronucleus)一个,或**小核**(micronuclei)多个。大核、小核有不同的功能[②],将在后面讨论。

原生动物的生理学和繁殖

12.8　原生动物能运动吗?

许多种原生动物有运动器官。运动的方式是原生动物分类的关键。为了运动,某些原生动物具有细胞质的突起,称为**伪足**(pseudopodia)(图12-1)。其他种有**鞭毛**。另外一些

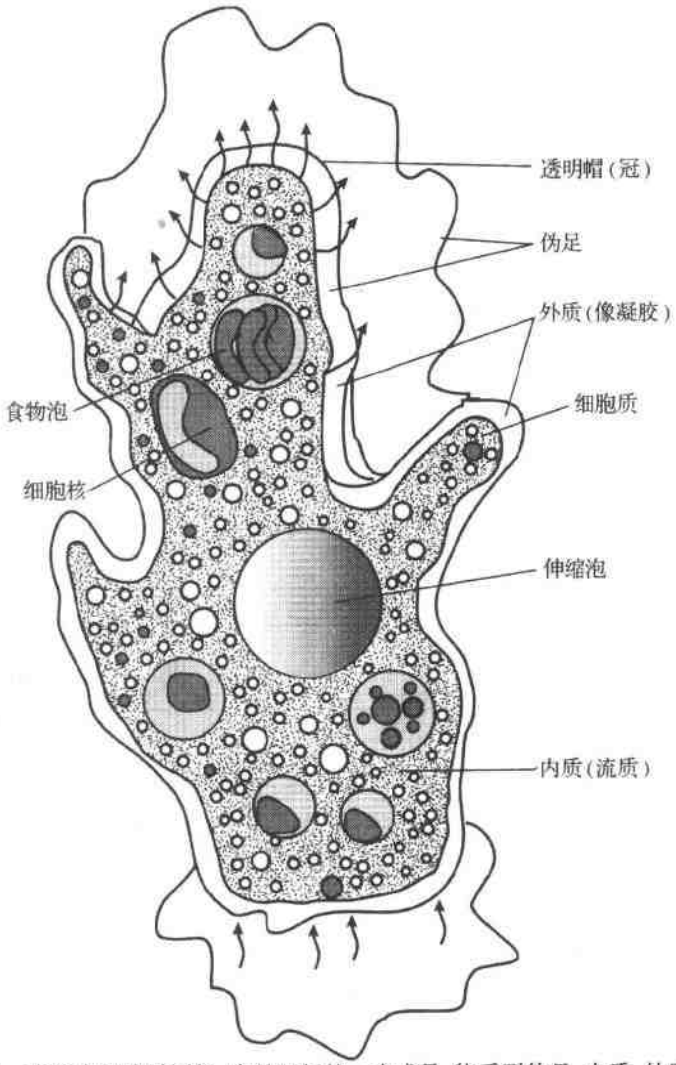


图 12-1　变形虫细胞质图解,肉足亚门的一个成员,能看到伪足,内质、外质区别也明显,可看到原生质的许多独特结构。

① 调节渗透压。——译者注

② 大核与各种细胞功能有关,小核控制繁殖。——译者注

种借助纤毛协同的活动而运动。

12.9　原生动物怎样营养?

原生动物的营养通过**内吞(作用)**,从外界环境吸收物质开始,假如吸收可溶性的大分子,这个过程称为**胞饮(作用)**。假如从环境中获得食物的颗粒,这个过程称为**吞噬(作用)**。当有机物进入细胞质后,溶酶体释放酶消化复杂的糖类、蛋白质和脂肪,将其转变为原生动物体内合成反应时所用的小分子的物质。

12.10　原生动物有什么特异的采集食物装置帮助获得食物吗?

在某些原生动物中,纤毛和鞭毛造成一个水流动的环境,带领食物颗粒靠近细胞,发生吞噬作用。另外一些种的原生动物有类似触手的附属物,粘住食物颗粒,帮助进行吞噬。几种原生动物有一种称为**胞咽**(cytopharynx)的结构,该结构是一种食物颗粒进入细胞质贯穿的通道。上述这些装置在其他微生物如细菌或真菌中没有看到。

12.11　原生动物的生殖方式是什么类型?

许多种原生动物有复杂的生活史,有各种各样的营养和形态学类型。例如,原生动物的摄食类型称为**滋养体**[(trophozoite),即营养体]。然后滋养体(营养体)转变为体眠、抗性的形态,称为**孢囊**。这种形态上的改变,有点像真菌的菌丝和孢子。孢囊可以有保护功能或繁殖功能。繁殖功能中孢囊帮助原生动物传播,例如,繁殖的孢囊,已知它经历过有性融合。

12.12　原生动物无性生殖有哪些方式?

事实上所有种类的原生动物都有**无性生殖方式**(asexual mode)繁殖。无性生殖可以发生纵向二均分裂、简单二分裂、复分裂或横向二均分裂等。这些分裂方法如图 12-2 所示。在无性生殖中,通过有丝分裂,产生遗传性上相同的两个子细胞。

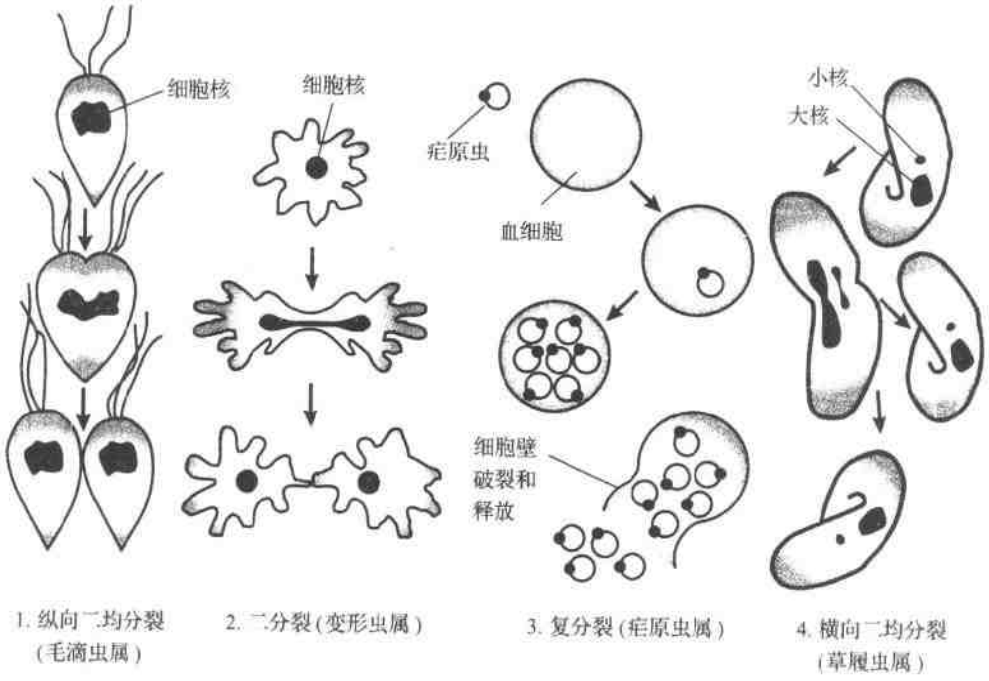


图 12-2　各种原生动物中发生的四种不同的无性生殖类型。

12.13　原生动物繁殖有性生殖方式包括什么过程?

某些种原生动物也可以以有性生殖方式繁殖。在**有性生殖方式**(sexual mode)中,原生动物的细胞通过减数分裂形成单倍体的核。单倍体的核有一套原生动物的染色体。单倍体核所经历的各种过程和构型,根据原生动物种的不同而异,最后,在新的个体上重建二倍体(有两套染色体)的核。通过单倍体的核融合建成二倍体。

原生动物的分类

12.14　原生动物分类用什么方法?

原生动物中没有一个分类方案是被所有生物学家采用的。但是,原生动物分类一个方便的方法是根据它们所表现的运动类型。在此方案中,变形虫状的原生动物放在**肉足虫纲**(或亚门),有鞭毛的原生动物放在**鞭毛虫纲**,有纤毛的原生动物放在**纤毛虫纲**,一般不能运动的原生动物放在**孢子虫纲**,也称为**顶复纲**。

12.15　肉足虫纲成员的一些特征是什么?

肉足虫纲(Sarcodina)类原生动物是借助伪足运动的变形虫。**伪足**(pseudopodia,亦称"false feet")是生物细胞质的突出物。当处于胶体状态时,伪足延伸至环境中。然后细胞质流向伪足,随之原生动物移动。某些变形虫状的原生动物周围被硬壳包围或骨架覆盖。例如,**有孔虫**(foramminifera)是四周有一个钙盐组成的多室外壳的变形虫。**放射虫**(radiolaria)是四周有一个硅质组成的放射状壳的变形虫。有孔虫和放射虫两者都在海生环境中发现,如海洋中。

12.16　肉足虫纲有致病的原生动物吗?

绝大多数变形虫状原生动物营自由生活,与疾病无关。但是,有一种**痢疾内变形虫**(*Entamoeba histolytica*),引起称为阿米巴痢疾(amoebic dysentery),即变形虫性痢疾的病,这是一种严重的胃肠消化道疾病,伴随有深度出血性溃疡和大量失水。通过污染的食物和水传染,主要发生在热带地区。

12.17　鞭毛虫纲一些显著特征是什么?

鞭毛虫纲(Mastigophora)类原生动物借助类似挥鞭样的鞭毛运动而运动。它们通过纵向二均分裂法繁殖,通过消化大的颗粒及吸收小的颗粒而获得它们的食物。著名的生物**眼虫藻属**(*Euglena*,裸藻属)是鞭毛虫纲的。该类生物具有装载叶绿素的细胞质小体称为**叶绿体**(chloroplast)。有叶绿素就表示这类生物在进行光合作用过程中,可捕获光能并将能量转化至糖类中。眼虫藻属也有能消化糖类及通过细胞呼吸释放能量的酶系统。

12.18　鞭毛虫纲有致病的原生动物吗?

在鞭毛虫纲中发现有几个人类的病原体。一个例子是**布鲁斯锥虫**(*Trypanosoma brucei*),引起非洲昏睡病(African sleeping sickness),即非洲锥虫病。另一种病原体是**吸吮贾第虫**,引起贾第虫病(一种胃肠消化道的疾病,伴随重度腹泻)。**阴道毛滴虫**是引起毛滴虫病(trichomoniasis)的一个类群(一种人类性传染的疾病)。所有这些生物均借助鞭毛运动。

12.19　鞭毛虫纲的成员能形成孢囊吗?

鞭毛虫纲中的某些种可形成**孢囊**,孢囊具有高度抗性结构,使之能在极端环境中生活。例如,病原体吸吮贾第虫可形成孢囊,在体外污染的水中能存活,直到再侵入体内。阴道毛滴虫不形成孢囊,从一个个体传到另一个个体必须始终保持存活状态。

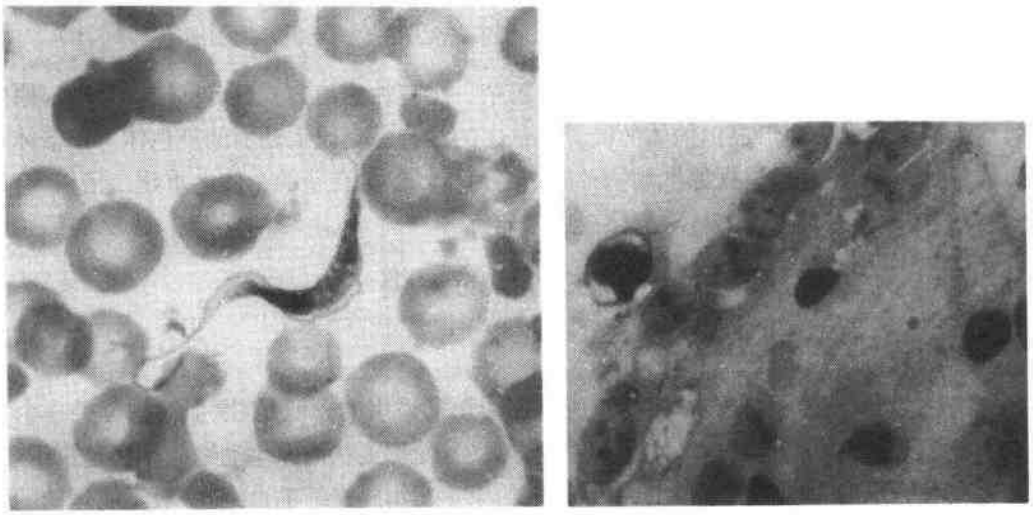


图 12-3　与人类疾病有关的两种原生动物。(A)布鲁新锥虫,引起非洲昏睡病;(B)吸吮贾第虫,引起贾第虫病(一种严重的胃肠消化道疾病)。

12.20　哪一种原生动物是最著名的纤毛虫纲成员?

大概最熟悉的**纤毛虫纲**(Ciliophora)类成员是**草履虫属**(*paramecium*)生物。周围着生纤毛、拖鞋形状的生物,同步拍击液体使得生物向几个方向穿过液体运动。这种生物和该类中其他原生动物皆有小核和大核。

12.21　草履虫属一些种有有性生殖方式吗?

一些种草履虫表现典型的有性生殖类型,其中两个生物在一起,经过接合,在两个个体中小核复制,然后从一个生物移至另一个生物。这种类型的有性生殖,改变了两个个体的遗传特性,因为每一个个体都获得了其他生物的基因。

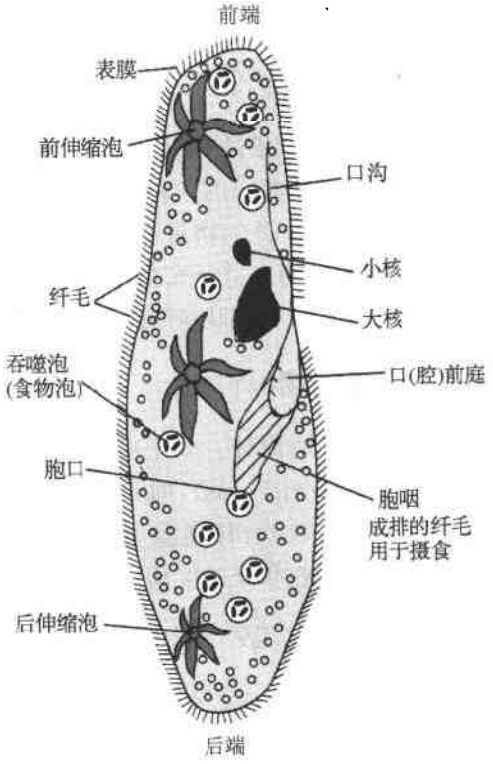


图 12-4　草履虫,纤毛虫纲的一个成员。高度特异的纤毛细胞的细节如图所示。

12.22　纤毛虫纲中哪些生物已被微生物学家大量地研究过?

纤毛虫纲中有许多原生动物作为研究项目被大量地研究过。例如,**四膜虫属**(*Tetrahymena*)的一些种业已研究过它们独特的有性生殖过程,包括亲和性交配型的接合与核的交换。该生殖过程包括单倍体核融合形成双倍体核与成功的减数分裂再形成单倍体核。**喇叭虫属**(*Stentor*)和**钟虫属**(*Vorticella*)的成员也被仔细地研究过,因为它们体积大和复杂的细胞特征,会使人联想到多细胞的生物。

12.23　纤毛虫纲中有病原体吗?

小量病原体的种分类于纤毛虫纲中,著名的病原体是**结肠肠袋虫**。该类生物栖居在人类胃肠道中,引起缓和至剧烈的腹泻,由水和食物污染,尤其是有钩囊虫时,由钩囊虫在人中间传播病原体。

12.24　孢子虫纲原生动物的典型特征是什么?

孢子虫纲(Sporozoa)或**顶复纲**(Apicomplexa)类成员的成熟形态没有运动器官,因此它们与其他种原生动物不同。它们的成员也有复杂的包括无性和有性阶段的生活史。常常在不同的寄主中发现它们。生活史的不同阶段形成裂殖子(merozoite,亦称裂殖性孢子)、子孢子(sporozoite)和卵囊(oocyst,亦称合子囊)。

12.25　引起疟疾的生物属于孢子虫纲吗?

引起疟疾的**疟原虫属**(*plasmodium*)几个种分类在孢子虫纲。这种原生动物通过雌性按蚊(*Anopheles*)在人类中传播,在人类的红细胞中经历它们的生活周期,消灭红细胞,并引起交替间隔的寒冷及高温。

12.26　还有任何其他重要的病原体属于孢子虫纲吗?

有其他几个重要的人类病原体属于孢子虫纲。一个例子是**鼠弓浆虫**(*Toxoplasma gondii*)。这种生物引起弓形体病(toxoplasmosis),由驯养的家猫传染给人的白细胞的一种病。在艾滋病患者中,弓形体病是一个重要的机会感染性疾病(opportunistic disease)。另外一种重要的病原体是**球形隐孢子虫**(*Cryptosporidium coccidi*),在艾滋病患者中,这种生物诱导广泛的腹泻,导致脱水和消瘦。

12.27　卡氏肺属虫归入孢子虫纲类群吗?

卡氏肺囊虫(*pneumocystis carinii*)是真菌还是原生动物还有某些争论。从这个生物核糖体的成分推测它是真菌,但这个生物传统上被认为是原生动物,因为它的其他的形态学、生物化学和营养的特征更像原生动物。它居住在艾滋病患者肺中,诱发重度肺炎导致患者死亡。的确,一半艾滋病患者的死亡是与卡氏肺囊虫引起的疾病有关的。

12.28　自然界中原生动物的某些实践重要性是什么?

自然界中,原生动物是食物链的重要组成部分。它们消灭(吞噬)细菌,反过来它们又被微小的无脊椎动物和大一点的无脊椎动物所吞噬。用这种方法,它们携带细菌的有机物质进入食物链,为其他生物提供重要的营养。栖居在反刍动物[①]和白蚁[②]体内的某些原生动物[③]产生

① 瘤胃。　译者注
② 肠道。——译者注
③ 与反刍动物、白蚁共生的原生动物。——译者注

纤维素酶，降解纤维素，释放其中的糖。通过这种活动使葡萄糖进入食物链，使之转化为大量生物能量代谢可利用的物质。

复 习 题

是非题 判断下列句子，正确则在句前写"T"，错误则替换划线的词进行更正。

__ **1.** 原生动物的伸缩泡是膜上结合的泡囊，其功能为积累食物颗粒。
__ **2.** 作为一种抗性机制，某些原生动物能形成高度有抗性的芽孢。
__ **3.** 所有种类原生动物的繁殖都以尤性生殖方式进行。
__ **4.** 原生动物的生活史中摄食的类型称为孢囊。
__ **5.** 属于肉足虫纲的原生动物借助鞭毛运动。
__ **6.** 已知眼虫藻属生物的叶绿体中具有血红蛋白分子。
__ **7.** 原生动物吸吮贾第虫可能引起一种血液的严重疾病。
__ **8.** 纤毛虫纲成员的特征是在细胞周围着生纤毛。
__ **9.** 卡氏肺囊虫生物引起肝炎病患者肺部严重疾病。
__ **10.** 原生动物是具有类似动物特征的原核微生物。
__ **11.** 原生动物是根据相互间的营养不同而分类的。
__ **12.** 原生动物中由钙盐组成多室外壳的生物叫做有孔虫。
__ **13.** 孢子虫纲的另一个分类名称为肉足虫纲。
__ **14.** 鞭毛虫纲成员通过纵向二均分裂过程繁殖。
__ **15.** 带鞭毛的原生动物——阴道毛滴虫可以引起由水传染的人类疾病。
__ **16.** 周围着生纤毛、拖鞋形状的生物分类放在纤毛虫纲的是眼虫。
__ **17.** 裂殖子、子孢子和卵囊是原生动物鞭毛虫纲类生活史的不同阶段。
__ **18.** 弓形体病是常由驯养的家猫传染给人类的原生动物疾病。
__ **19.** 卡氏肺囊虫是原生动物还是细菌至今还存在争论。
__ **20.** 疟疾病是通过狗在人类中传染的。

匹配题 从A栏选出特征与B栏相应的原生动物匹配。

A栏	B栏
__ 1. 拖鞋状、有纤毛	(a)卡氏肺囊虫
__ 2. 放射状壳	(b)眼虫藻属
__ 3. 带鞭毛的、引起腹泻	(c)草履虫属
__ 4. 引起非洲昏睡病	(d)吸吮贾第虫
__ 5. 绿色的鞭毛	(e)放射虫
__ 6. 孢子虫纲、胃肠消化道疾病	(f)结肠肠袋虫
__ 7. 引起肺炎	(g)球形隐孢子虫(*Cryptosporidium coccidi*)
__ 8. 表现有性生殖	(h)痢疾内变形虫
__ 9. 带有硅质组成外壳的变形虫	(i)布鲁斯锥虫
__ 10. 由钩囊虫传染	(j)有孔虫
__ 11. 多室的外壳	
__ 12. 可能是真菌	
__ 13. 通过鞭毛运动；光合作用	
__ 14. 鞭毛虫纲；胃肠消化道疾病	
__ 15. 胃肠消化道；带纤毛的	
__ 16. 带有钙盐外壳的变形虫	

__17. 艾滋病患者肺的疾病
__18. 大核和小核
__19. 有叶绿素
__20. 形成孢囊,有鞭毛

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 所有下述特征皆适合原生动物,除了(　　)之外。　(a)原生动物是单细胞的　(b)原生动物表现为异养营养方式　(c)许多种类的原生动物有运动的能力　(d)原生动物的细胞质中发现有叶绿素

2. 原生动物所表现的特征最接近于(　　)的特征。　(a)植物　(b)动物　(c)细菌　(d)病毒

3. 下述所有的组件都可作为各种原生动物运动的工具,除了(　　)之外。　(a)伞毛　(b)纤毛　(c)伪足　(d)鞭毛

4. 胞饮(作用)和吞噬(作用)两者都是原生动物所采用的(　　)的过程。　(a)带物质进入细胞质　(b)执行渗透(作用)　(c)用日光能量合成糖类　(d)从氨基酸合成蛋白质

5. 原生动物摄食的类型称为(　　)。　(a)孢囊　(b)异形胞　(c) tronchodon (一种原生动物)　(d)滋养体(营养体)

6. 放射虫和有孔虫是原生动物(　　)的类型。　(a)靠纤毛运动　(b)四周有硬壳　(c)没有运动的装置　(d)从 CO_2 合成糖类

7. 肉足虫纲类成员所包括的原生动物(　　)。　(a)没有运动的器官　(b)有细胞壁　(c)形成孢子　(d)通过伪足运动

8. 拖鞋状的草履虫有(　　)。　(a)孢子和孢囊　(b)纤毛和鞭毛　(c)大核和小核　(d)引起人类致病的能力

9. 一半艾滋病患者的死亡是由于与(　　)有关的原生动物引起的感染。　(a)小眼虫(*Euglena gracilis*)　(b)卡氏肺囊虫　(c)吸吮贾第虫　(d)黑色按蚊(*Anopheles nigricans*)

10. 原生动物的伸缩泡是用于(　　)。　(a)储存磷酸盐颗粒　(b)维持最适的液体水平(调节渗透压)　(c)产生致病毒素　(d)运动

11. 孢子虫纲成员与其他原生动物不同,因该类中的成员(　　)。　(a)进行光合作用　(b)有细胞壁　(c)引起疾病　(d)不能运动

12. 驯养的家猫在传染原生动物上极为重要,因其引起(　　)。　(a)痢疾　(b)疟疾　(c)弓形体病　(d)脑(脊)膜炎

13. 形成孢囊使原生动物(　　)。　(a)运动　(b)合成蛋白质　(c)在极端环境中存活　(d)在蚊虫的组织中保持存活

14. 引起非洲昏睡病的原生动物和(　　)属于同类。　(a)间日疟原虫　(b)吸吮贾第虫　(c)草履虫属　(d)放射虫属

15. 纤毛虫纲类中著名的病原体是引起人类(　　)的疾病。　(a)胃肠消化道　(b)呼吸道　(c)泌尿道　(d)皮肤

16. (　　)在原生动物细胞中不可能被发现。　(a)线粒体　(b)高尔基体　(c)溶酶体　(d)细胞壁

17. 原生动物[①]现在分类在(　　)界。　(a)原核生物　(b)黏菌　(c)动物　(d)原生生物

18. 已知所有的原生动物都有(　　)。　(a)孢囊形成　(b)胞咽　(c)成套纤毛　(d)细胞膜

19. 喇叭虫属、钟虫属和四膜虫属全是(　　)类中复杂的成员。　(a)鞭毛虫纲　(b)原核生

① 原文误为真菌。——译者注

物　(c)纤毛虫纲　(d)顶复纲

20. 人类的疟疾主要发生在(　　)中。　(a)脑　(b)红细胞　(c)泌尿道　(d)肺的泡囊

(林雅兰 译)

第13章 单细胞藻类

内　容

藻类是一类类似植物、又缺少真正植物特征的生物。这类中的一系列单细胞生物被认为属于微生物世界。它们是本章讨论的主题，内容有：

1. 认识藻类在自然界环境中所起的作用。
2. 单细胞藻类分类的概述和讨论。
3. 识别单细胞藻类某些重要类型并叙述其在自然界中的意义。
4. 简要提及单细胞藻类对人类健康造成的危害。

原理和问题

13.1　藻类一词的一般理解是什么?

“藻类”这个术语在微生物学中是很难定义的。意指类似植物进行光合作用，而又不被分类为真正植物的一类。某些藻类是单细胞的生物，而其他则是多细胞的。单细胞的藻类被认为是微生物。

单细胞藻类的特征

13.2　在自然环境中藻类起的重要作用是什么?

藻类是普遍存在的生物，它们栖居在水生生境和许多陆地生境中。单细胞藻类常出现在**浮游植物**(phytoplankton)中，这些微小的藻类栖居靠近世界海洋的表面。浮游植物有很大的生态学价值，因为它们参加光合作用并形成糖类，组成了多数海洋能量的基础和淡水环境中的食物链。

13.3　单细胞藻类产生氧气吗?

单细胞藻类产生大量地球上可利用的分子氧，所有动物呼吸都值靠从光合作用和浮游植物产生的氧。这些因素和它们在食物链中的位置一起，使得单细胞藻类成为世界上最重要的微生物之一。

13.4　单细胞藻类的细胞结构是什么?

单细胞藻类是真核生物。每个细胞有核和核膜。它也有细胞器如线粒体、溶酶体、高尔基体、内质网和核糖体。通过有丝分裂过程进行生殖，藻类的叶绿素集中在叶绿体中。

13.5　有属于原核生物的藻类吗?

在上一代学者中，原核生物的蓝细菌称为“蓝绿藻”，蓝绿藻一词现在不再用了，蓝细菌现今认为是细菌。因此，没有属于原核生物的藻类。

13.6　藻类分为哪些类群?

多数生物学家赞成将藻类分 6 个类群,称为门(部),用植物的分类类群。两类红藻门(Rhodophyta)和褐藻门(Phaeophyto)专用于多细胞的藻类,这些藻类各为红海藻和褐海藻。第三门绿藻门,包括微生物学中几个种的单细胞藻类。剩余的三门为金藻门、裸藻门和甲藻门,专用于单细胞的藻类。

单细胞藻类的分类

13.7　绿藻门的重要成员是什么?

绿藻门(Chlorophyta)含有几千种绿藻,淡水生和海水生种。小球藻属(*Chlorella*)和衣藻属(*Chlamgdomonas*)生物是单细胞绿藻。衣藻属很容易生长,对它们的生理学和遗传学已进行了深入研究。这类生物通过光合作用合成糖类,不同交配型在有性生殖中经过联合。通过融合产生合子,合子经过减数分裂产生性相反的细胞以完成这个过程。图 13-1 显示有性生殖过程。

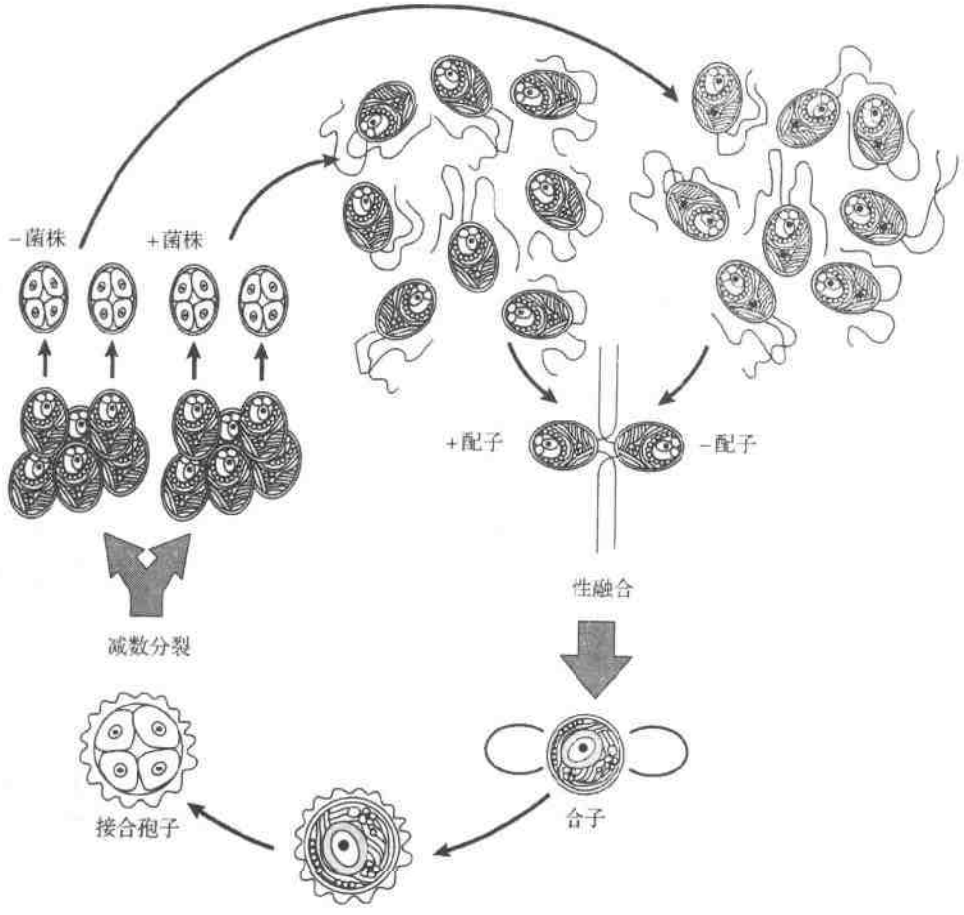


图 13-1　单细胞藻衣藻有性生殖生活史。通过复杂的减数分裂产生“+”和“-”菌株,然后融合形成合子。合子中几个核分裂,再一次开始减数分裂。

13.8　有群体形态的绿藻吗?

群体形态的绿藻也不认为是多细胞的,因为每个细胞独立生活。细胞的团聚体称为**群体**(colony)。群体的形态可能是多细胞形态的祖先。绿藻门群体形态成员的一个例子是**团藻属**(*Volvox*)的生物。这是相同细胞的球状团聚体,细胞之间差别不多,虽然一些细胞是繁殖所特有的。

13.9　哪些藻归于金藻门?

金藻门(Chrysophyta)中的藻类是黄绿藻和金褐藻。两类皆是浮游植物的重要成员。它们的名字从它们色素的颜色而来。该门中所有成员有高浓度的角蛋白(keratinoid)色素,其中之一是**褐藻素**(fucoxanthin),也称墨角藻黄素或岩藻黄质。金藻门的许多藻种由二氧化硅的壳包围。许多种藻细胞中发现鞭毛。

13.10　金藻门成员的一些例子是什么?

大概最熟悉的金藻门类是**硅藻**(diatom)。硅藻是进行光合作用海水生和淡水生的藻类,通过它们缠结嵌合的二氧化硅壳和其他金藻不同。硅藻分泌壳质以实现保护作用。壳上穿孔使光合作用生物与其外界环境接触。壳是透明的,光合作用的光线能透过。

13.11　硅藻有什么经济价值吗?

硅藻的壳看起来是非常美丽的,但它们也有重要经济价值。许多海洋沉积地层是由大量硅藻壳形成的**硅藻土**(diatomaceous earth)。将硅藻土研成细的白粉用于游泳池的滤器、绝缘材料、牙膏。硅藻土也用作磨光复合物中的摩擦剂。

13.12　甲藻门成员的重要特征是什么?

甲藻门(Pyrrophyta)又称"火藻"(fire algae),这门的成员是沟鞭藻类,是单细胞、进行光合作用、有两根鞭毛的藻类。沟鞭藻的细胞壁形成硬的纤维素板片,像一套盔甲将藻套住。典型的沟鞭藻如图 13-2 所示。

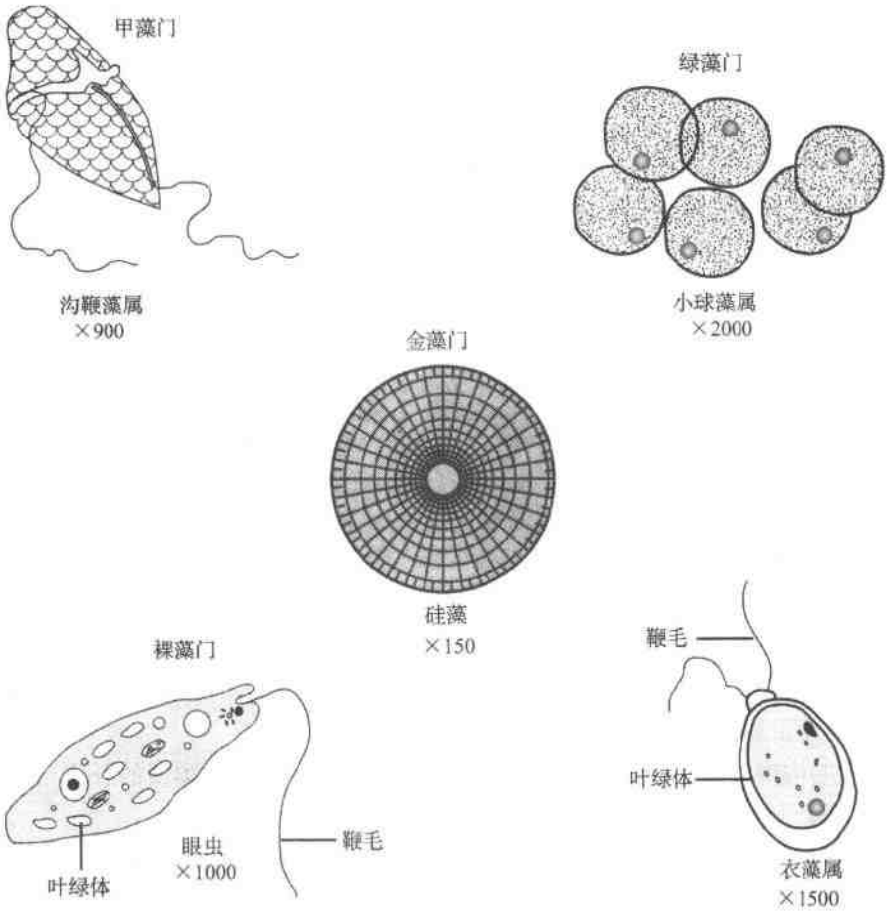


图 13-2　四门单细胞藻类典型的成员。

13.13 沟鞭藻对环境的重要价值是什么?

像硅藻、**沟鞭藻**(dinoflagellate)之类的藻,作为海洋食物链的基础起极重要的作用。它们合成糖类,给微小的生物和无脊椎动物提供食物。这些生物利用沟鞭藻的光合作用产物作为能源。沟鞭藻主要以二分裂繁殖,虽然某些藻种有时在生活史中发生有性细胞的融合。

13.14 有危害人类健康的沟鞭藻吗?

某些种类沟鞭藻引起**赤潮**(red tide)。当温度、营养和其他因素适合时,这种情况就发生了。微红的褐色沟鞭藻大量繁殖,以至于将海洋和内陆湖泊染成鲜红色。赤潮中一些沟鞭藻产生强的能杀死鱼类的神经毒素。假如人食用了被毒素污染的贝类如蛤肉、牡蛎等,会导致麻痹性贝类中毒以致死亡。

13.15 裸藻门藻类有哪些独特特征?

裸藻门(Euglenophyta),即眼虫藻门,包括**裸藻属**(眼虫藻属)和其他类眼虫生物。类眼虫鞭毛藻(euglenoid)有动物和植物细胞中所发现的特征。它们有鞭毛,能独立运动,包括通过鞭毛基部光感应体对光的反应。它们也有类似多细胞植物中的那些叶绿素,它们也能用这些叶绿素进行光合作用。为此,类眼虫鞭毛藻被认为是向动物和植物进化的基础原种。

13.16 裸藻属有什么科研价值?

由于它们具有动物和植物的属性,类眼虫鞭毛藻对研究者是极其重要的材料。裸藻属的种没有细胞壁,增加了它们类似动物的特性(第 12 章)。它们贮存糖类的**淀粉颗粒**称作**副淀粉**(paramylon),即裸藻淀粉,与其他植物中淀粉颗粒的类型不同。在裸藻属中没有观察到有性生殖,但可通过有丝分裂进行无性生殖。繁殖可快速发生,类眼虫鞭毛藻给它们所居住的池塘以绿的颜色。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 单细胞藻类包括(　　)。 (a)衣原体 (b)真核生物 (c)蓝细菌 (d)硅藻

2. 单细胞藻类在自然界环境中是重要的,因为它们(　　)。 (a)引起人类疾病 (b)进行光合作用,提供氧 (c)进行呼吸作用,产生 CO_2 (d)是真菌的自然寄生物

3. 广泛用于科学研究中的单细胞绿藻是(　　)。 (a)衣藻属 (b)衣原体 (c)绿藻门 (d)棒状杆菌

4. 以前的术语蓝绿藻已经被(　　)一词取代。 (a)蓝细菌 (b)真细菌 (c)真核生物 (d)裂殖菌门(细菌门)

5. 藻类分为 6 个类群,称为(　　)。 (a)门 (b)纲 (c)目 (d)门(部)

6. 高浓度的角蛋白色素发现于(　　)。 (a)绿藻 (b)红藻 (c)金褐藻 (d)蓝藻

7. 缠结嵌合二氧化硅的壳发现在称为(　　)的藻类中。 (a)团藻属 (b)硅藻属 (c)褐藻属 (d)草履虫属

8. 某些种类的沟鞭藻能引起(　　)。 (a)浮鱼的疾病 (b)各种类型的肝炎 (c)北极水域蓝色素 (d)赤潮

9. 硅藻的壳广泛应用于(　　)。 (a)游泳池的滤器 (b)编织的脱浆装置 (c)乙醇的来源 (d)糖果和糖类食品的滤器

10. 沟鞭藻属于(　　)。 (a)裸藻门 (b)甲藻门 (c)绿藻门 (d)褐藻门

11. 类眼虫鞭毛藻单独放在藻类之中因其有能力(　　)。 (a)合成蛋白质 (b)实行光合作

用 (c)运动 (d)产生 CO_2

12. 裸藻属细胞中形成的副淀粉属(　　)类型。 (a)氨基酸 (b)甘油三酯 (c)多糖 (d)三肽

13. 麻痹性贝类中毒能被(　　)产生的毒素引起。 (a)一些裸藻属的种 (b)黄绿藻 (c)衣藻属 (d)沟鞭藻

14. 藻类中发现的叶绿素通常集中在称作(　　)的细胞质的小体中。 (a)核糖体 (b)线粒体 (c)叶绿体 (d)溶酶体

15. 发现群体形态的绿藻中的一个例子是(　　)中的生物。 (a)团藻属 (b)裸藻属 (c)衣藻属 (d)草履虫属

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

__ 1. 沟鞭藻在自然界有一个重要作用,因为它们是湖泊和河流食物链的基础。
__ 2. 所有类型的藻类都是单细胞的。
__ 3. 所有藻类都是真核生物。
__ 4. 最熟悉的金藻门类是称为硅藻的单细胞藻。
__ 5. 某些藻类如团藻属存在群体形态。
__ 6. 沟鞭藻的细胞壁由硬的蛋白质板片构成。
__ 7. 裸藻门的成员有植物和动物细胞所表现的特征。
__ 8. 裸藻属如类眼虫鞭毛藻当它们快速繁殖时,使水变成赤色。
__ 9. 地球上大量 CO_2 的分子是由藻类产生的。
__ 10. 人们预料到在单细胞藻类中将会发现细胞器如线粒体和溶酶体。
__ 11. 蓝细菌是一类曾经称为沟鞭藻的细菌。
__ 12. 绿藻门成员包括几千种褐藻和红藻。
__ 13. 藻类中多数生殖方式是无性生殖。
__ 14. 褐藻素是角蛋白色素的一个例子,发现于类眼虫鞭毛藻中。
__ 15. 沟鞭藻能运动因为每个细胞有两根鞭毛。

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 藻类产生大量地球上可利用的_____分子。
2. 以前称为蓝绿藻的那些藻现在认为是_____的类型。
3. 褐海藻和红海藻构成_____藻类的门。
4. 多数单细胞藻类的生殖是某些_____生殖的类型。
5. 沟鞭藻能在其环境中运动因为每个细胞具有_____鞭毛。
6. 裸藻属细胞能够通过鞭毛基部的光感应体对_____反应。
7. _____的壳沉积在海洋底层,形成可用作滤器的细的白粉。
8. 沟鞭藻被硬的_____板片包围,像盔甲套住了细胞。
9. 当沟鞭藻在海洋中迅速增殖时,结果常出现_____潮。
10. 衣藻属的生物在_____生殖过程中不同交配型联合产生合子。

(林稚兰 译)

病毒

内　容

病毒是一类非常简单的、至少有一种生物特性(复制能力)的颗粒物质。本章将概述病毒的某些特征。本章内容是：

1. 病毒与其他生物大小和特征的比较。
2. 描述病毒的组成并指出每一组成的重要性。
3. 描述病毒中发现的某些对称的类型。
4. 概述病毒复制的一般模式并对模式的某些复制阶段作说明。
5. 比较 RNA 病毒和 DNA 病毒的复制类型。
6. 溶原性概念。
7. 简述病毒复制对寄主细胞的影响并介绍病毒可能引起的几种疾病。
8. 讨论几种实验室检测病毒和培养病毒的方法。
9. 了解药物如何对抗病毒及机体防御病毒的情况。
10. 阐述两种病毒疫苗的类型及每一类型的益处。

原理和问题

14.1　病毒与其他类型微生物的关系?

比较真核生物和原核生物细胞，病毒的物理学和化学性质是非常简单的。病毒是非细胞的。它们通常由蛋白质外壳包裹着的核酸片段构成，某些情况下，还有一个类似膜的包膜。

14.2　从它们的性质来看，病毒是生物吗?

自 20 世纪初发现病毒以来，科学家们一直怀疑病毒究竟是生物还是无生命的颗粒。病毒没有细胞的组成，也没有生长或代谢有机物质的能力。它们没有废物排出，没有能量代谢，也不适应它们的环境。但它们能在生活的细胞中增殖。总的看起来病毒不是生物，但该颗粒至少有一种生物的性质。

14.3　病毒与其他微生物比较大小怎样?

病毒大概是引起人类疾病的最小的实体。最小的病毒，如脊髓灰质炎病毒(polio virus)，其直径大约有 20nm，也能用 0.020μm 表示[①]。最大的病毒，如痘病毒(poxvirus)，直径大约有 300 nm(0.30μm)。一个细菌如金黄色葡萄球菌的细胞，直径大约有 500 nm(0.50μm)。最小的细菌，支原体直径大约有 200 nm(0.20μm)。

14.4　用标准的光学显微镜能看到病毒吗?

非常小的病毒通常用标准的光学显微镜不能观察。的确，直到 20 世纪 40 年代电子显微

① 最小病毒为菜豆畸矮病毒，其直径只有 9～11 nm。——译者注

镜发明之前，还不能清楚地看到病毒。如图 14－1 所示，用电子显微镜放大 20 万倍以上，仍不能清楚地看到病毒。

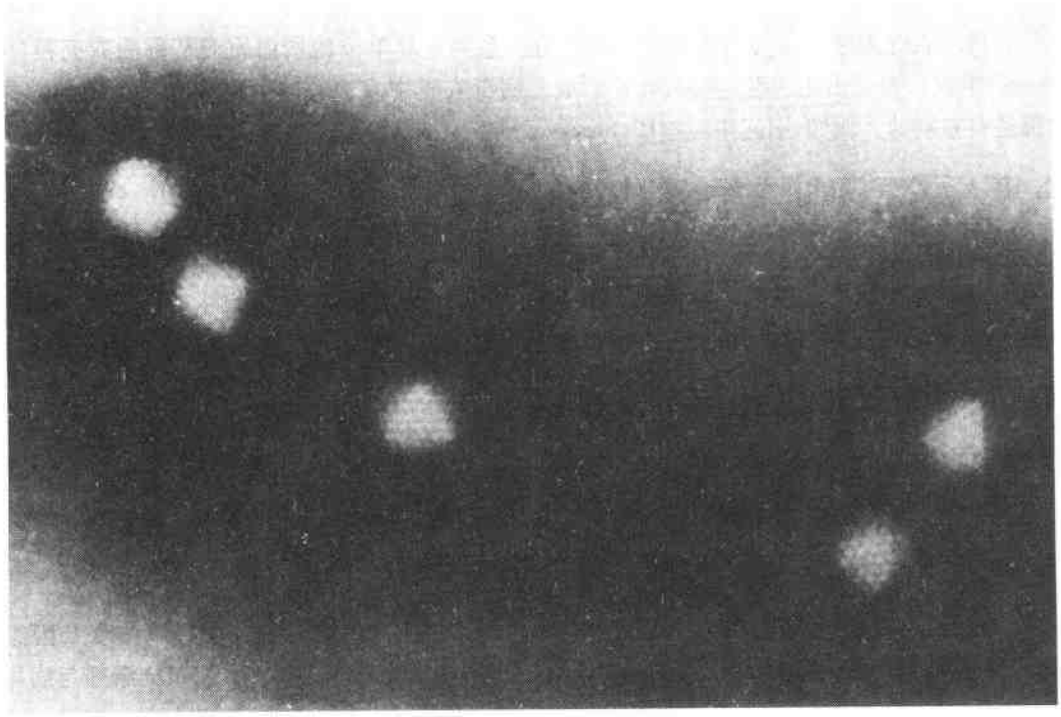


图 14－1 扫描电子显微镜观察腺病毒。腺病毒引起一种普通感冒。可见到的病毒二十面体形状；放大倍数为 233 800 倍。

14.5 电子显微镜怎样使科学家看到病毒?

使用标准的光学显微镜看微生物，利用的是相对长的波长的可见光。若仍使用长波长的光，光束便越过了病毒。比较起来，**电子显微镜**，利用波长非常短的电子束。电子束甚至可从小至病毒的物体上反弹起来，并在投影的荧光屏上成像。

14.6 病毒能通过挡住细菌的滤器吗?

在 20 世纪开始，病毒称为“滤过性病毒”(filterable virus)。这个术语意指病毒能通过挡住最小细菌的滤器。后来“滤过性”术语停止使用了，因为病毒小，它们能通过细菌滤器，流过的液体不能认为是无菌的，除非最小的病毒被保留在滤器上①。

病毒的结构

14.7 病毒的成分是什么?

所有病毒至少由两种成分组成：第一是**核酸**链，可能是脱氧核糖核酸(DNA)或核糖核酸(RNA)，但从没有既有 DNA 又有 RNA 的病毒；第二是包裹核酸的**蛋白质**层。核酸这一部分称为**基因组**(genome)，而蛋白质的外壳称为**衣壳**(capsid)。基因组与衣壳的复合物称为**核衣壳**(nucleocapsid)。某些病毒在核衣壳外面也有一层类似膜的**包膜**(envelope)。

14.8 病毒中的核酸有什么类型?

病毒的核酸可以有各种类型。它可以由 DNA 或 RNA 组成，或者是单链的或者是双链

① 由于现已清楚地知道，病毒是含有 DNA 或 RNA、能在活细胞内增殖，又能在细胞外以亚显微的大分子颗粒状态存在，可以作为致病因子，也可以当作遗传成分的非细胞型生物。故不再使用滤过性病毒这个名词了。 译者注

的。核酸可以是连续的分子，也可以是分段的分子。

14.9 包围病毒基因组的衣壳是什么结构?

病毒的衣壳为单一的蛋白质成分。衣壳由一系列重复单位的蛋白质亚基称为**衣壳粒**(capsomere)组成。衣壳由化学键连接衣壳粒形成。病毒衣壳中衣壳粒的数目在每一个特异的病毒中都是有差别的。例如，引起单纯疱疹(herpes simplex)的病毒有252个衣壳粒。

14.10 病毒包膜的化学组成是什么?

某些病毒，如水痘(chickenpox)、感染性单核血球病(infectious mononucleosis)的病毒和单纯疱疹病毒有**包膜**。包膜是由病毒复制所在的那个细胞的细胞膜衍生来的。但它与细胞膜不完全相同，因为它还含有病毒的特异蛋白。包膜是在核衣壳复制过程终结离开细胞时获得的。

14.11 病毒的包膜是一个连续的结构吗?

在许多病毒中，包膜是一个连续的膜结构。但是，在某些病毒中，包膜含有突起称作**刺突**(spike)，这些刺突常含有病毒在复制过程中与寄主细胞联合[①]的物质。

14.12 病毒的化学成分对化学制剂的破坏敏感吗?

基因组、衣壳和包膜对能破坏病毒的各种化学制剂是敏感的，例如，**甲醛**可改变基因组的结构，病毒因此失活；**(苯)酚**与病毒的衣壳蛋白反应，引起病毒失活；**脂溶剂**如**洗涤**剂与病毒的包膜反应。

14.13 病毒能在各类细胞中复制吗?

病毒能在所有类型的细胞中复制。例如，某些病毒可在人类的细胞中侵蚀和复制，如这些病毒引起的黄热病(yellow fever)、艾滋病、肝炎(hepatitis)和麻疹(measle)。植物细胞是对病毒敏感的，引起植物病如烟草花叶病和番茄化叶病。上述两种情况中，在细胞死时植物叶子出现斑点、花叶。甚至病毒能侵蚀细菌的细胞。这些病毒称为**噬菌体**(bacteriophage 或 phage)。它们在复制过程进行时引起细菌细胞的裂解。

14.14 不同病毒的形态怎样?

有包膜的病毒在电子显微镜下是球形，因为无定形的包膜包围着病毒。然而，没有包膜的病毒则采取衣壳蛋白的对称结构。对称结构可以是二十面体对称或螺旋对称。

14.15 二十面体对称指什么?

二十面体对称(icosahedral symmetry)，是衣壳按20个等边三角形组成的几何图形排列(图14-2所示的是二十面体壳体结构)的结构。二十面体有20个侧面、12条棱和12个角。感染性单核血球病、麻疹、水痘和单纯疱疹等病毒都有二十面体对称结构。

14.16 病毒螺旋对称的外观是什么样?

某些病毒如狂犬病病毒(rabies virus)和烟草花叶病毒(tobacco mosaic virus)有**螺旋对称**(helical symmetry)结构。核酸的螺旋圈构成基因组；衣壳沿着螺旋排列。在电子显微镜下看见螺圈是困难的，病毒看来像是一个杆状。

14.17 所有病毒都有二十面体对称或螺旋对称结构吗?

某些病毒既没有二十面体对称，也没有螺旋对称。痘病毒如牛痘(cowpox)和天花(small-

① 相互识别、吸附。——译者注

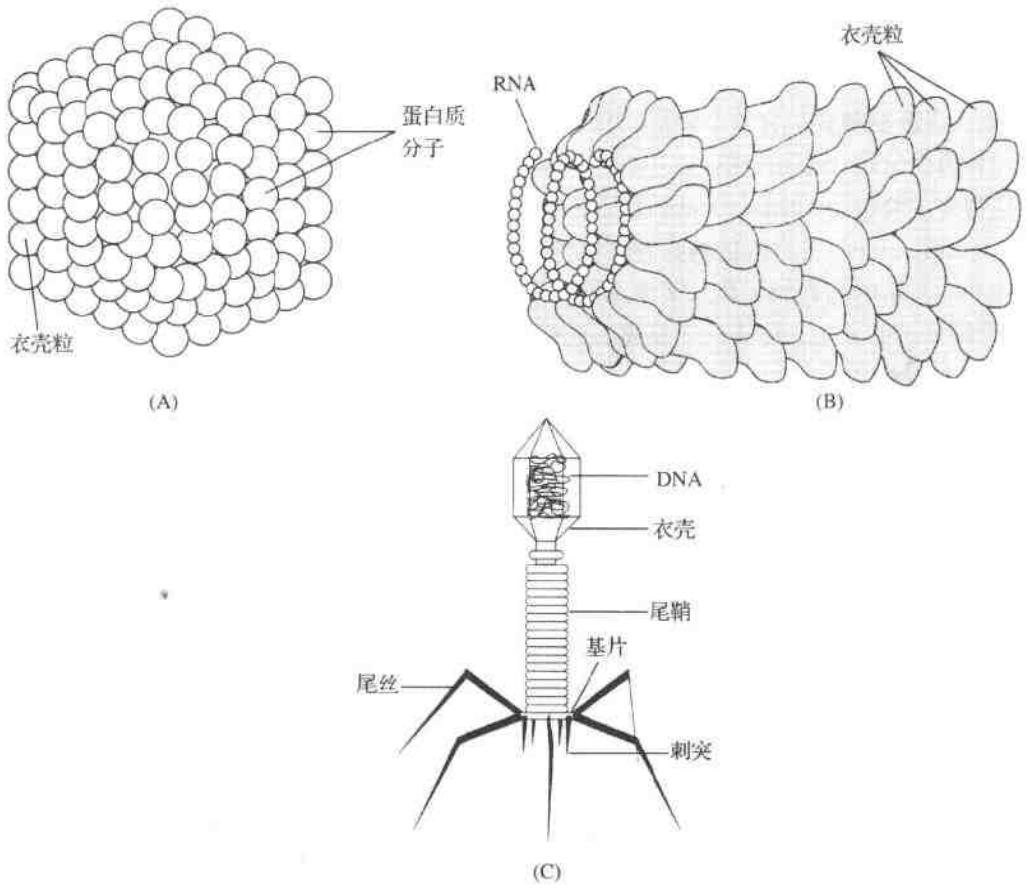


图 14-2 病毒的三种可能形态;(A)二十面体对称的病毒,衣壳由衣壳粒重复亚单位组成的 20 个等边三角形构成;(B)螺旋对称的病毒,显示螺旋的基因组和包围它的衣壳粒;(C)噬菌体,一个复合对称的病毒。

pox)呈箱形,以超显微杆状排列盖在表面。另外的病毒如流感病毒(influenza virus)由 8 个螺旋核衣壳包在一个包膜中构成。

14.18 噬菌体是什么形状,与其他病毒有何不同?

噬菌体复合对称形状,噬菌体有一个内部储存核酸的头部和带一套尾丝、基片和刺突的收缩性尾部。尾部结构专为噬菌体吸附至宿主细菌细胞时用。动物和植物的病毒远较噬菌体简单。

14.19 目前有用于病毒的分类系统吗?

目前还没有一个广泛适用的病毒分类系统。病毒分类根据核酸的类型(DNA 或 RNA)、基因组双链还是单链、衣壳的对称性、有无包膜以及病毒的宿主范围等进行①。病毒的命名还没有指定,仍沿用一般的病毒名称,如脊髓灰质炎病毒或痘病毒。

病毒的复制

14.20 病毒复制的一般模式是什么?

病毒不能独立繁殖。病毒侵入宿主细胞,利用宿主细胞的代谢,生产病毒的拷贝。病毒指令宿主细胞的代谢反应和利用细胞的资源,产生成百个子代新病毒。在复制过程中,它们通常

① 1995 年国际病毒分类委员会 ICTV 将已发现的病毒分为 ds DNA 病毒、ss DNA 病毒、DNA 和 RNA 反转录病毒、ds RNA 病毒、反义 ss RNA 病毒、正义 ssRNA 病毒和亚病毒因子等 7 大类、62 个病毒科和 164 个属,含 4000 多种病毒。——译者注

破坏宿主细胞和引起病毒病。

14.21　病毒复制的一般过程是什么?

多数病毒复制模式包含 6 个阶段:吸附阶段(attachment step),是病毒与宿主细胞相互作用;侵入和脱壳阶段(penetration and uncoating step),核衣壳侵入细胞质和脱去病毒蛋白质衣壳;生物合成阶段(synthesis step),病毒的基因组复制及病毒衣壳粒蛋白质生物合成;装配阶段(assembly step),将合成的病毒各部组件通过化学键连接装配成新的病毒粒子;释放阶段(release step),新的病毒粒子离开宿主细胞。病毒复制的每个阶段会因复制类型不同而不同。但所有阶段一定会发生。图 14-3 概述了此过程。

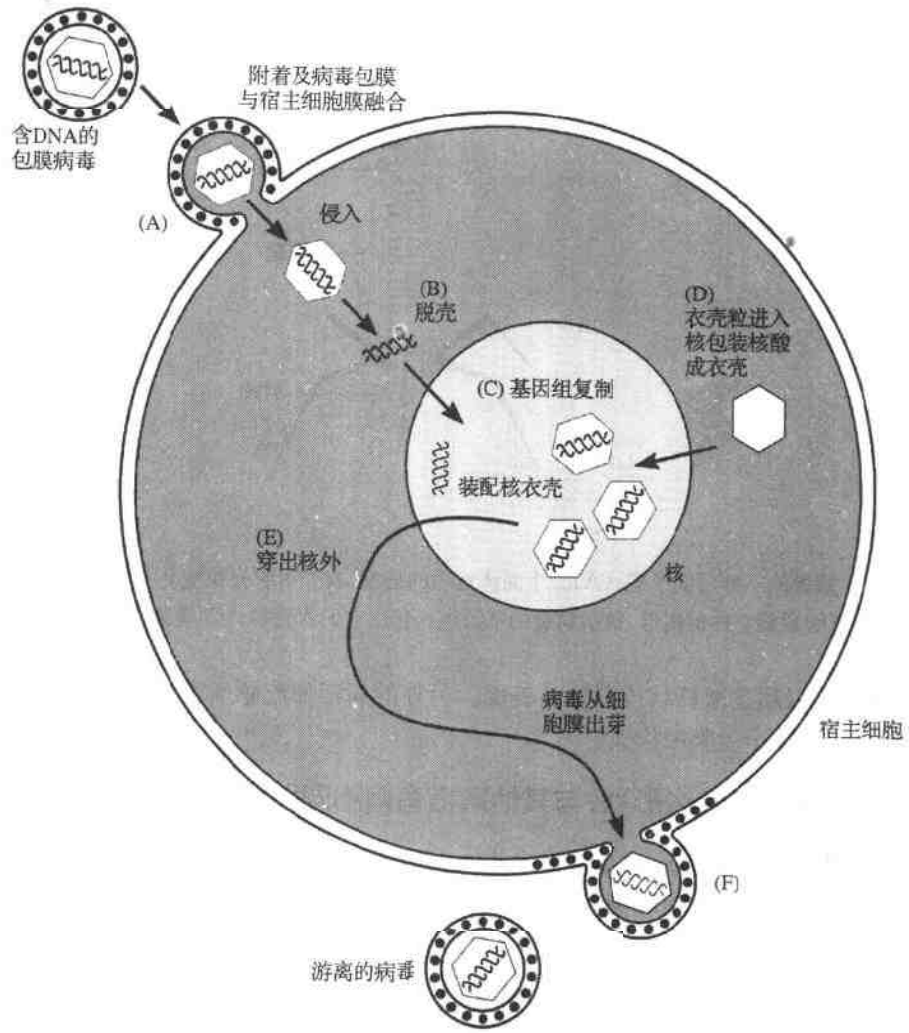


图 14-3　病毒复制过程的几个阶段。(A)吸附和融合;(B)病毒基因组脱壳;(C)基因组在宿主细胞核中复制;(D)在宿主细胞质中合成衣壳粒,衣壳粒再回到细胞核,装配成完整的衣壳;(E)核衣壳穿出细胞核至宿主的细胞质;(F)核衣壳出芽穿过细胞膜形成带包膜的病毒。

14.22　病毒吸附到宿主细胞上是怎么发生的?

病毒复制的第一阶段,病毒吸附到敏感细胞表面。这种吸附可能是随机碰撞。它需要病毒表面的**吸附位点**(attachment site)和细胞表面**受体位点**(receptor site)间特异性的相互作用。为使吸附发生,必须要有适合的匹配。病毒包膜上的刺突常含有进行匹配的这种物质。病毒黏附到细胞的受体位点之前,如果宿主细胞产生抗体去盖住病毒的吸附位点,这种吸附作用能被抑制。

14.23 病毒进入宿主细胞有什么不同方法?

病毒复制**侵入**(penetration)阶段,病毒溶解细胞膜,推进其基因组通过钻开的孔进入细胞质。当噬菌体吸附到宿主菌细胞时,就能观察到这种侵入现象。没有包膜的病毒吸进其宿主细胞常通过吞噬作用过程。这个过程在人和动物的细胞中发生。有包膜的病毒,包膜和宿主细胞膜之间可以融合。在两种结构混合之处,打开了核衣壳进入细胞质的通道。

14.24 病毒复制脱壳阶段在宿主细胞中是如何发生的?

为使病毒复制,病毒的基因组一定要在宿主细胞细胞质中游离存在。当细胞的酶[①]分解病毒衣壳的蛋白质时,**脱壳**(uncoating)阶段完成。水解酶可以从细胞的细胞质中溶酶体释放。衣壳蛋白质消化,病毒核酸游离,并且开始称为隐蔽期(eclipse phase)的复制阶段。

14.25 哪种机制是宿主细胞细胞质中新病毒粒子复制的基础?

病毒基因组的核酸通过干扰宿主基因表达,编码酶蛋白的合成,而指令新病毒粒子的**合成**(synthesis)。干扰使病毒核酸成为细胞代谢的惟一指挥者。基因组中还有其他基因编码用于病毒合成的特异蛋白。也还有另外的基因指令病毒蛋白质合成[②],它们将形成衣壳。基本上,所有新病毒合成所需的遗传信息通过病毒的基因组带进细胞。

14.26 病毒合成过程宿主细胞的作用是什么?

病毒合成所需要的大多数有机化合物和结构均在宿主细胞中。例如,蛋白质合成所需要的核糖体由宿主细胞提供。合成过程所需的能量来自 ATP 和其他能量化合物皆在细胞中。病毒成分的构建基本单位也由细胞提供。这些基本单位包括为构建病毒衣壳蛋白质的氨基酸和合成病毒基因组的核苷酸。图 14-4 示细胞中的病毒。

14.27 含 RNA 的病毒复制一般模式是什么?

当 **RNA 病毒**的基因组在细胞质中释放时,RNA 便直接作为信使 RNA 分子(mRNA),提供了翻译过程合成蛋白质的遗传密码。RNA 分子也将转至核糖体并且编码病毒复制所需要的结构蛋白和酶。在某些情况下,RNA 也可以是反义 RNA 分子。既然如此,它便作为合成功能性 mRNA 分子的模板。然后能进行病毒的蛋白质合成。

14.28 含 DNA 的病毒复制模式与含 RNA 的病毒怎样区别?

当 **DNA 病毒**进入宿主细胞时,病毒基因组提供了转录过程合成 mRNA 分子的遗传密码。然后 mRNA 分子转入核糖体,并且翻译密码成蛋白质中的氨基酸序列。假如基因组的 DNA 是双链的,只有一个链在蛋白质合成中有功能。其他链保持休眠。

14.29 DNA 总是立刻编码病毒的蛋白质吗?

有时病毒的 DNA 并不立刻起作用。代替编码蛋白质,病毒的 DNA 进入细胞核,并且整合自己至细胞的一个染色体上。这个现象称为**溶原性**(lysogeny)。这种病毒称为**溶原性病毒**(lysogenic virus)或**原病毒**(provirus)。在将来的某个时候,原病毒可以被激活去编码病毒的蛋白和促进病毒的复制。但是,暂时原病毒保持在细胞的核中。

14.30 RNA 病毒能变成溶原性病毒吗?

某些 RNA 病毒能保持在宿主细胞中并形成溶原性关系。有些情况下,病毒的 RNA 在细

① 水解酶。——译者注

② 结构蛋白合成。——译者注

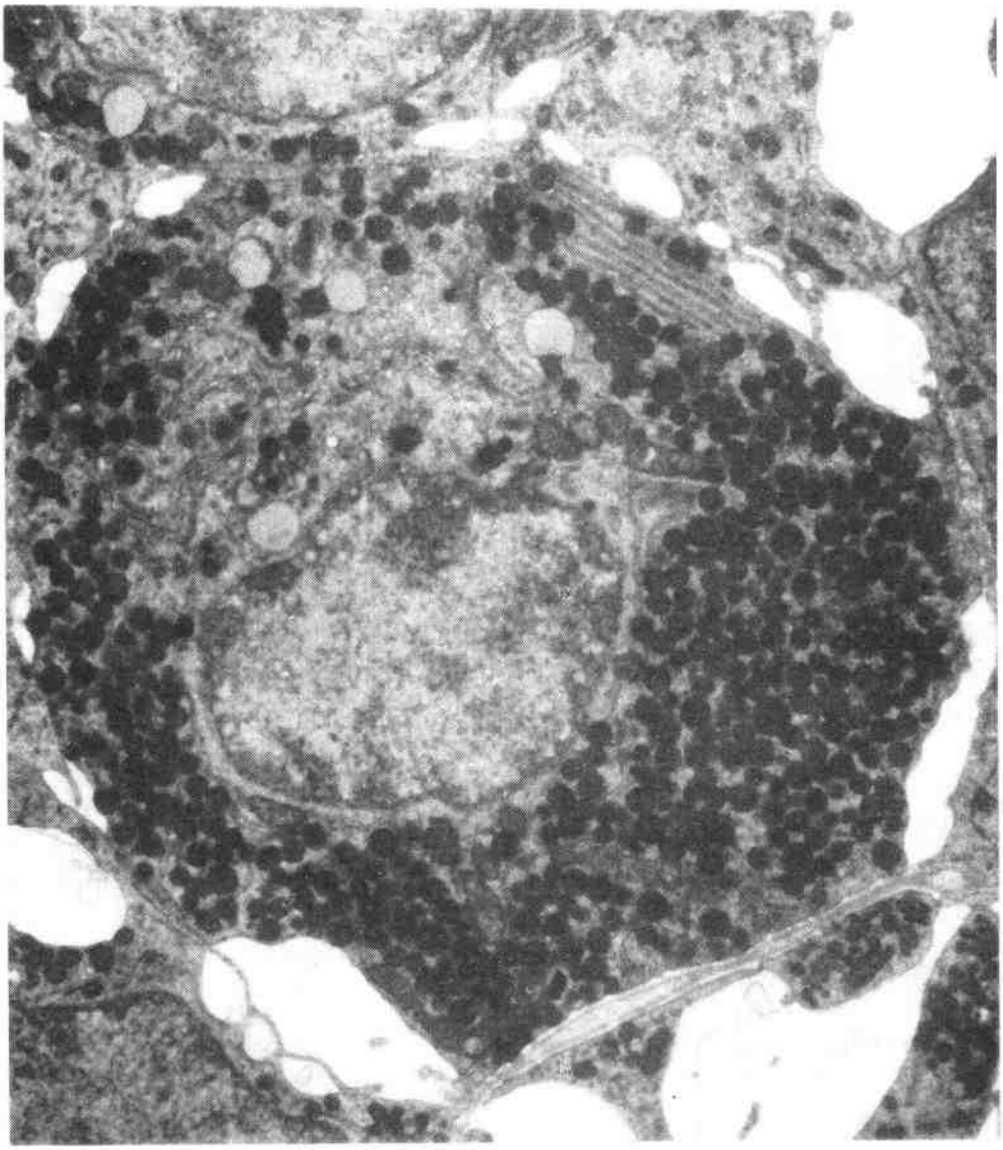


图 14-4　脑下垂体细胞核周围累积的病毒。电子显微照片放大 15 000 倍。注意在细胞的切片中有大量的病毒粒子。

胞质中释放，**反转录酶**(reverse transcriptase)，用此 RNA 为模板，催化合成一个互补的 DNA 分子。然后 DNA 进入细胞核，作为溶原性病毒或原病毒。人免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus，HIV)引起人类**艾滋病**(AIDS)就是这种类型。

14.31　病毒复制的装配阶段在何处发生?

不同的病毒在细胞的不同地点指令新病毒的**装配**(assembly)。许多情况下，病毒的基因组和病毒的衣壳在细胞质中合成，装配也在这里。其他的病毒，基因组在细胞核中合成，衣壳在细胞质中合成。然后衣壳要被转运至核装配，以后核衣壳再迁移返回细胞质，以便从细胞中释放。

14.32　病毒复制释放阶段有些什么特性?

新病毒**释放**(release)有不同的方式。在某些病毒中，合成溶菌酶，酶裂解宿主细胞的细胞壁，如细菌。然后当细胞裂解时新病毒释放。另外的情况下，细胞的代谢的间断造成细胞自发的衰变。这种衰变引起细胞崩解和释放新病毒。

14.33 有包膜的病毒什么时候需要它们的包膜?

在复制的释放阶段,有包膜的病毒需要它们的包膜。这些病毒移动到细胞膜处,以**出芽**的方式穿过细胞的膜。当出芽时,核衣壳被细胞膜的一部分包围,该包膜插入了一些病毒编码的蛋白质进行修饰。当病毒逃逸时,修剪了一部分膜,病毒逃逸后,细胞膜上的洞被封闭。假如出芽发生得太快,以致于无法封闭洞时,细胞质便漏出细胞而使细胞死亡。

14.34 病毒复制时对宿主的影响是什么?

通常,病毒复制对宿主细胞的效应是毁灭,因为细胞逐渐死亡,好几百和好几千新病毒增殖出来去感染和消灭另外的细胞。组织不断的恶化导致植物和动物疾病。确实,噬菌体所以如此命名正是因为它们有"吃"细菌的能力。

病毒的病理学

14.35 病毒能引起人类的什么疾病?

各种病毒引起人类各种疾病,因它们所感染的组织不同而异。当病毒感染肝时,它们引起疾病如黄热病或肝炎(图14-5);感染呼吸道时,可引起流感、感冒(common cold)或呼吸道合胞病(respiratory syncytial);感染脑部能引起狂犬病、大脑炎(encephalitis)或脊髓灰质炎(polio);感染胃肠道引起胃肠炎(gastrocnteritis)。

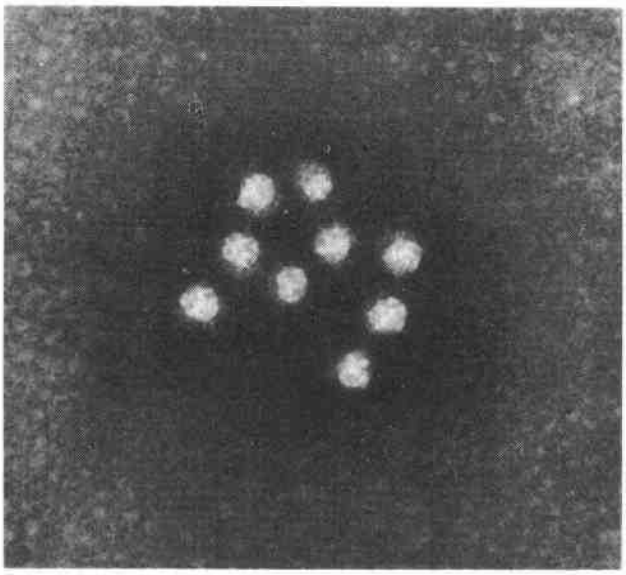


图14-5 用透射电子显微镜观察甲型肝炎病毒。放大241 000倍。

14.36 病毒能引起癌症吗?

病毒的DNA整合到细胞核中,可以刺激细胞不受控制的增殖。不受控制的复制引起肿瘤的生长,随后**瘤**(tumor)细胞的扩散称为**癌**(cancer)。癌细胞已经失去了对抑制繁殖信号的敏感性。诱发这种现象的病毒称为致癌病毒。某些病毒,例如疱疹病毒(herpesvirus)和EB病毒(Epstein-Barr virus),亦称埃巴二氏病毒或非洲淋巴瘤病毒,已经知道它们能诱发肿瘤和癌症。某些白血病也已知道是由病毒刺激的。

14.37 实验室用什么方法培养病毒?

严格地说,病毒在实验室是不"生长"的,因为它们不是活着的。但是,在活细胞培养物称为**组织培养**(tissue culture)中,病毒能被培养,且其数目增加。另外,病毒也能在活的动物中

培养如鼠和兔中，病毒也能在受精鸡卵中培养。的确，不同病毒在受精鸡卵[1]不同部位膜上不同的病变效应可作为检测病毒的方法。

14.38　病毒感染动物和人有什么病征和症状?

许多疾病的症状，伴随有病毒存在的病征。例如，由狂犬病病毒感染的脑细胞发育成独特的小体，这种小体称为**内氏小体**(Negri body)，亦称涅格里体。另外，由单核细胞增多(症)病毒(mononucleosis virus)感染的白细胞，变成颗粒状、泡沫状和形成**具短茸毛的细胞**(downy cell)。而且，不同的病毒引起单一的症状如皮疹。麻疹和天花也是例子。

14.39　实验室中怎样检测病毒?

因为病毒比其他微生物小，标准的光学显微镜不能用来检测病毒。但是，有许多直接的检测方法和通过组织遭破坏来作为病毒病征的间接检测方法。例如，图14-6所示为通过组织

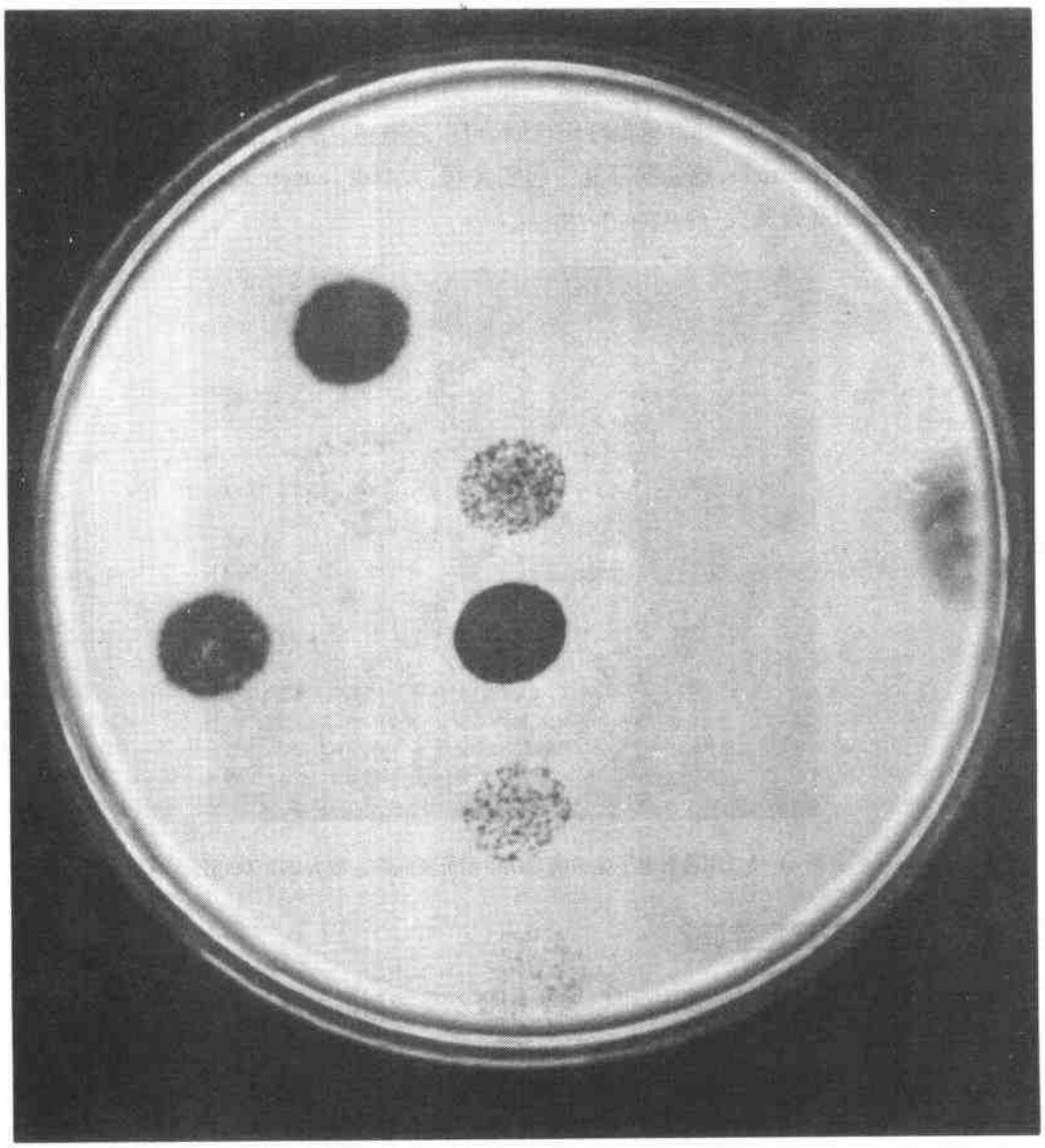


图 14-6　病毒的噬菌斑点 。平板培养基表面全都包含有生长的细菌。暗的区域代表一个病毒在细菌中已经增殖并消灭了细菌，形成一个称做噬菌斑的蛀坏了的区域。图中可见到 5 个或 5 个以上的噬菌斑。

① 鸡胚。- 译者注

培养病毒或细菌菌苔培养噬菌体，从所形成的蚀斑或噬菌斑[①]来进行检测。另外，病毒可引起细胞融合成较大的小体称为**合胞体**(syncytia)，或它们可使细胞凝块(称为**凝集**)(agglutination)，或者它们诱发细胞在细胞内凝集[称为包含体(inclusion)]。对细胞的这些效应称为**致细胞病变(效应)**(cytopathic effect)。

14.40 抗生素或其他药物对抗病毒有用吗?

已知的抗生素如青霉素、四环素、红霉素和其他抗生素对抗病毒是无效的，因为病毒没有这些抗生素所干扰的化学物质或代谢。例如，病毒没有细胞壁，因此它们能抗青霉素(青霉素是中断细胞壁合成的)。然而，有某些药物能干扰病毒在细胞中复制。一个例子是**无环鸟苷**，它干扰疱疹病毒在皮肤细胞中复制。另一个例子是**叠氮胸苷**(AZT)，它干扰人免疫缺陷病毒(HIV)在淋巴细胞中复制。还有另外的药物是**金刚胺**，用来对抗流感病毒。

14.41 干扰素怎样用于对抗病毒?

干扰素是病毒已经侵入之后由细胞产生的蛋白质。干扰素不能终止病毒在那个侵染的细胞中复制，但它能利用邻近的细胞分泌和释放出的干扰素去刺激细胞产生抗病毒的因子。干扰素现在可用基因工程技术生产，在未来的几年中，干扰素有可能成为抗病毒治疗的有用药物。

14.42 机体对病毒感染的抗性怎样?

当病毒进入人体时，它们刺激免疫系统产生称为**抗体**(antibody)的长链的蛋白质。抗体充满了体液，最终在病毒的复制区集中。在此它们与病毒的衣壳和/或病毒的包膜结合，阻止病毒与宿主细胞附着。这样，病毒不能再复制，感染终于结束。然后，机体的吞噬细胞吞入和消灭通过抗体中和的病毒的团块。

14.43 用什么方式刺激机体使其免于患病毒病?

保护机体不受病毒病感染，要在病毒感染之前，促进机体产生抗体。通过**疫苗**(vaccine)刺激机体的免疫系统，疫苗是改变组构的病毒，它在机体细胞中不复制，但是保持能刺激免疫反应的能力。

14.44 疫苗中用哪两类病毒?

现用在疫苗中的两类病毒是灭活病毒和减毒病毒。**灭活病毒**(inactivated virus)是基因组已被化学方法或物理的方法破坏。这些病毒保留了它们的衣壳和由衣壳引起免疫系统的特异反应[②]。相反，**减毒病毒**(attenuated virus)，病毒已经被变异培育至只在机体内有非常缓慢复制的能力。这些病毒也通过免疫系统引起抗体反应。病毒如此的弱化以致于不能引起疾病，但它自有足够活性去刺激免疫反应。

14.45 疫苗中采用灭活病毒的好处是什么?

疫苗中灭活病毒的好处是病毒不能在机体增殖，因此它们不能引起疾病。缺点是灭活的病毒一定要采用注射方法，因为，如果口服通过胃肠道，它们将不能存活。

14.46 疫苗中采用减毒病毒好处是什么?

减毒病毒能够口服，因为通过胃肠道时它们仍将存活，而且会被血流吸收。服药的方法比

① 病毒引起细胞破坏裂解的区域称蚀斑或噬菌体裂解细菌的区域称噬菌斑。——译者注

② 保留原有的免疫原性。——译者注

注射的方法更容易。缺点是某些情况下，病毒可引起机体出现温和的病症，因此它们比灭活病毒造成更多的危险。它们可以引起更多的物质的免疫反应，因此，当流行性病发生时，它们可以被使用或提前使用。

复 习 题

是非题 判断下列句子，正确则在句前写"T"，错误则替换划线的词进行更正。

__ **1.** 病毒蛋白外壳称为衣壳，只由糖类组成。
__ **2.** 大多数病毒两种基本的对称类型是螺旋对称结构和二十面体对称结构。
__ **3.** 病毒有螺旋对称的一个例子是单纯疱疹病毒。
__ **4.** 噬菌体是在细菌中复制的那些病毒。
__ **5.** 当一个病毒与其宿主细胞相互结合时，在病毒的吸附位点和宿主细胞的收集位点之间发生了吸附作用。
__ **6.** 病毒复制过程中由宿主细胞提供的结构之一是核糖体。
__ **7.** 痘病毒是科学研究中已知的较小的一种病毒。
__ **8.** 病毒的衣壳由称作端粒的较小的重复单位组成。
__ **9.** 水痘病毒、感染性单核血球病的病毒和单纯疱疹病毒由于它们有一个称作基因组的细胞膜的衍生结构而辨认出来。
__ **10.** 对于灭活病毒可通过使用化学物质苯酚以改变病毒的基因组。
__ **11.** 当一个 RNA 病毒在细胞质中释放 RNA 时，RNA 分子作为信使 RNA 分子，提供蛋白质合成的遗传信息。
__ **12.** 一个淋巴的病毒是整合自己的 DNA 至宿主细胞染色体 DNA 上的一种病毒。
__ **13.** 在其基因组中含有 RNA 病毒的一个例子是艾滋病病毒。
__ **14.** 一个感染人的脑部病毒可引起肝炎。
__ **15.** 细胞破坏的区域称为噬菌斑(蚀斑)，可以作为病毒存在的信号。
__ **16.** 当脑的细胞被病毒感染后，它们能形成具短茸毛的细胞。
__ **17.** 病毒有抗青霉素的效应，因它们不具有基因组。
__ **18.** 无环鸟苷是人类机体细胞被病毒感染后产生的天然物质。
__ **19.** 机体抗病毒病的主要机制集中在形成称为抗原的链状的蛋白质。
__ **20.** 灭活病毒是疫苗中使用的通过化学或物理方法破坏病毒基因组的病毒。

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 下列(　　)陈述适合病毒。 (a)它们代谢有机物并积极的生长 (b)它们是非细胞的颗粒 (c)它们产生各种废物 (d)它们很快适应其局部环境
2. 较小的病毒直径大约(　　)。 (a)20mm (b)300μm (c)300nm (d)20nm
3. 为了看见病毒，(　　)。 (a)必须使用油浸透镜 (b)必须提供暗视野显微镜 (c)需要电子显微镜 (d)低倍物镜足够了
4. 所有下列成分均是病毒可能有的，除了(　　)之外。 (a)蛋白质的衣壳 (b)核酸的基因组 (c)类似膜的包膜 (d)带有酶的细胞质
5. 病毒的基因组可以由(　　)组成。 (a)DNA 但无 RNA (b)RNA 但无 DNA (c)同一个病毒中有 DNA 和 RNA 一起 (d)或 DNA 或 RNA
6. 病毒用来和其宿主细胞联合(识别、吸附)的物质通常存在于(　　)。 (a)基因组 (b)刺突 (c)病毒的 DNA 组分 (d)病毒的 RNA 组分
7. 二十面体的形状是根据许多病毒类似(　　)形状而设定的。 (a)螺状旋管 (b)类似箱状排列 (c)20 个等边三角形组成的几何图形 (d)带有二角形角的长方形

8. 为使病毒在它们的宿主细胞中复制，所有下列过程和情况一定会发生，除了(　　)之外。(a)病毒的基因组释放到宿主细胞的细胞质中 (b)ATP必须在病毒中合成 (c)病毒必须与正确的宿主细胞联合(识别、吸附) (d)宿主细胞必须含有蛋白质合成的核糖体

9. 所有下列特性都被认为是病毒考虑的范畴，除了(　　)之外。 (a)病毒的核酸类型 (b)基因组的单链或双链模式 (c)衣壳的对称结构 (d)革兰氏染色反应

10. 新病毒合成所需的大多数有机化合物和结构含在(　　)中。 (a)在病毒的衣壳中 (b)在宿主细胞中 (c)在病毒的基因组中 (d)在病毒的包膜中

11. 溶原性病毒是一种其(　　)的病毒。 (a)病毒的核酸保留在宿主细胞核中 (b)病毒进入宿主细胞后立即复制 (c)含有复制所需的自己的ATP (d)含有复制所需的自己的酶

12. 某些病毒获得包膜是当它们(　　)。 (a)进入宿主细胞核时 (b)基因组和衣壳结合时 (c)出芽通过宿主细胞膜时 (d)迁移到高尔基体时

13. 病毒引起人类各种类型疾病多数依(　　)而定。 (a)病毒基因组中核酸的类型 (b)病毒中存在衣壳或不存在衣壳 (c)病毒所感染的组织 (d)病毒包膜中是否有刺突

14. 致癌病毒被认为是那些包括(　　)的病毒。 (a)引起肝炎 (b)引起肿瘤和癌症 (c)只在动物中的皮肤疾病 (d)没有利用基因组的病毒的复制

15. 通过激活(　　)活性可以保护机体不受病毒感染。 (a)青霉素分子 (b)抗体分子 (c)抗原分子 (d)干扰素分子

16. 下述所有方法都可用于实验室中培养病毒，除了(　　)之外。 (a)受精鸡卵 (b)活的动物如鼠 (c)营养琼脂的斜面 (d)组织培养

17. 抗病毒的药物用于(　　)。 (a)抑制病毒在细胞中复制 (b)阻止在病毒的基因组中形成酶 (c)抑制病毒包膜的形成 (d)刺激机体产生抗体

18. 在电子显微镜下，螺旋对称的病毒看起来像(　　)。 (a)小球状 (b)拉长的三角形 (c)杆状 (d)蝌蚪

19. 病毒居住在宿主细胞核中的一个例子是引起(　　)的病毒。 (a)疟疾 (b)麻疹 (c)艾滋病 (d)脓毒性咽喉炎

20. 细胞病变效应在(　　)可观察到。 (a)组织中培养病毒时 (b)病毒的休眠期阶段 (c)新病毒颗粒的装配阶段 (d)使用化学物质病毒灭活时

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 病毒只能在_____中增殖。
2. 病毒的基因组可以由RNA或_____组成。
3. 最大的病毒大概像最小的_____那样大小。
4. 病毒的衣壳是由称为_____的重复的单位组成的。
5. 某些类型病毒，在复制过程终结核衣壳离开宿主细胞时，获得它们的_____。
6. “噬菌体”是在_____中侵蚀和增殖的那些病毒的“缩写”。
7. 由于有包膜的病毒包裹了核衣壳，在电子显微镜下有包膜的病毒表现为一种_____形状。
8. 要灭活病毒，蛋白质的衣壳必须用化学物质如_____处理。
9. 灭活病毒的另一个方法是用脂溶性的溶剂如_____处理包膜。
10. 以超显微杆箱形排列在表面描述的是_____的外观。
11. 病毒附着到其宿主细胞上可以通过存在特异的_____而抵消。
12. 分解(水解)病毒衣壳的酶可以从细胞的_____而来。
13. 合成新病毒的遗传信息是由病毒的_____带至宿主细胞。
14. 当RNA病毒的RNA进入宿主细胞的细胞质时，它将在称为_____的细胞的结构中编码所需要的蛋白质。

15. 人免疫缺陷病毒(HIV)以 RNA 为模板合成 DNA,需要一个酶存在称为_____。

16. 在从宿主细胞释放新的病毒时,细胞壁能通过称为_____的酶裂解。

17. 病毒复制对宿主细胞的效应通常是_____。

18. 虽然病毒能在实验室培养,严格意义上说它们不能_____。

19. 病毒如某些疱疹病毒和 EB 病毒已经知道能诱发_____。

20. 能干扰病毒复制如人免疫缺陷病毒的一种药物是_____。

(林稚兰 译)

第15章 寄主-寄生物间关系

内　容

寄主-寄生物间的相互关系是传染病研究的基础概念。本章主要集中于逐一说明这种关系。本章内容是：

1. 了解感染、污染、疾病的基本差别。
2. 认识人体不同部位存在的正常菌群和它们在人体中存在的状况。
3. 概述传染病发生前所必须具备的各种条件。
4. 鉴别许多增加疾病潜在危害的毒力因子。
5. 阐述人体中发生的各种类型传染及通过传染性生物在个体间的传播所致的几种传染模式。

原理和问题

15.1 寄主与寄生物之间有哪几种不同关系？人类疾病中寄主-寄生物间关系有什么重要性？

人类寄主与寄生物之间存活或定居有多种关系。例如，可以是机体和寄生物间双方都获益，这种情况称为**互利共栖**；或者寄主-寄生物间存在一方伤害另一方的情况，称为**寄生**(parasitism)。当传染性微生物侵袭人体时，寄生情况就发生了。因此，研究寄主-寄生物间的关系是研究传染病的基础。

15.2 感染和疾病间有差别吗？

感染(infection)是指微生物突破寄主的防御机能，在寄主组织内定居和大量繁殖的病理过程。微生物可以被机体消除或转变为机体正常菌群的一部分。当病原微生物表现致病力(pathogenicity，如疾病的潜伏状态)和感染效应累积而引起组织损伤时，**疾病**(disease)就发生了(图 15-1)。感染是宿主和病原体一起相互作用，而疾病是指宿主的健康机体发生偏差[①]。尽管二者有差别，但该术语在医学文献中确常交换使用。

15.3 污染和感染相同吗？

污染和感染有显著的差别。当潜在性感染微生物在机体存在但还没有侵袭组织时，**污染**(contamination)发生了。在这种情况下机体被说成是污染。当微生物开始侵袭组织和快速大量繁殖时，随之感染就发生了。

15.4 有不致病而栖居人体的微生物吗？

有**栖**居机体不同部位而不引起疾病的微生物。这些微生物菌群可改变称呼为**正常菌群**(normal flora)、**土著菌群**(indigenous flora)或**微生物区系**(microflora)。它们是由许多种细

① 感染和疾病不是同义词。——译者注

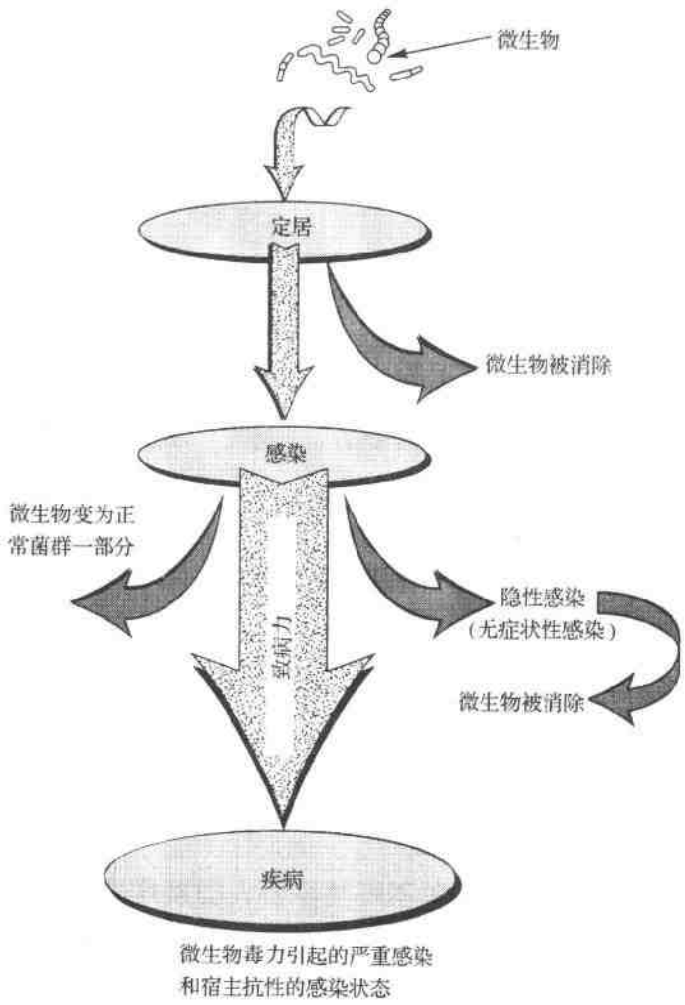


图 15-1　由微生物进入机体并在组织内定居所导致感染和疾病间的相互关系。

菌、原生动物、真菌和病毒构成的正常菌群。

正常菌群

15.5　解释正常菌群和人类机体间的关系?

许多情况下这种关系可以是共利共栖(如上所述),或者是**偏利共栖**(commensalism)。在偏利共栖中,一个菌群获益而不损伤其他群体。在偏利共栖中存在的微生物称为**共生体**(commensal,共栖体)。偏利共栖的一个例子是生活在人肠中的微生物菌群,对人类机体既无益处,又无害处。

15.6　人类机体各部位中正常菌群来源是什么?

当人出生后第一次与世界接触时就获得了正常菌群。某些微生物通过与人接触而获得(如婴儿与母亲接触),而其他则从食物获得(如配制的婴儿食物)或从接触的各种物体(如玩具)获得。空气中的微生物也有助于上皮细胞表面获得正常菌群。经过多年延续,正常菌群就不断发展和精炼了。

15.7　机体的哪些部位有正常菌群?

事实上暴露于环境的所有表面都有正常菌群。这些表面包括皮肤、黏膜、胃肠道、呼吸道

的各个部分，眼和耳的外部的部分以及与空气接触、空气进入的生殖器官等。

15.8 机体有地方没有正常菌群吗?

机体的内部组织和器官以及这些组织内部的细胞没有正常菌群。器官如心脏、肝脏、脑、肌肉和生殖器官没有正常菌群。血液、脑脊液、受检测的精液或在肾脏中的尿也没有正常菌群。

15.9 人体的哪个部位有最大量的正常菌群?

皮肤是最大的和最可及的器官，有最多的和各类的正常菌群。构或皮肤**过渡种群**(transient population)的微生物通常不在那儿生长。例如，与土壤接触将带微生物至皮肤。比较起来，构成**停留种群**(resident population)的微生物通常能在皮肤上或皮肤中生长。葡萄球菌属的一些种是最典型的。

15.10 口中的正常菌群包含哪些微生物?

口中有有机体中存在的多种多样的正常菌群。好氧链球菌属的一些种栖居在口的上皮组织中，而厌氧乳杆菌属的一些种栖居粘连在牙周围的蚀斑上。细菌的许多种以及许多霉菌孢子和酵母菌也在口中发现。

15.11 大肠中的正常菌群中有哪些类型的细菌?

大肠中含有大量的微生物菌群，数量如此丰富以至于占据了粪便的25%。菌群中有厌氧的和好氧的细菌，许多种菌分解不消化的食物，合或人体可利用的维生素。维生素K、B_{12}和核黄素就是由菌群中的细菌合或的。大肠杆菌是大肠中正常菌群中的一个普通成员。

15.12 正常菌群中的成员会致病吗?

正常情况下，机体的防御机制阻止微生物繁殖。然而，如艾滋病患者，免疫系统遭到损害，某些"机会致病菌"菌群中的种可以侵袭组织。例如，白假丝酵母就是在妇女阴道和人体肠道未遭损伤时正常的一种酵母菌。但是，在艾滋病患者中，这种微生物可侵袭许多内部组织如食道等，引起恶性糜烂；也会引起超量抗体产生，而杀死其他疾病的细菌，维持白假丝酵母繁殖，这种酵母菌引起的病称"酵母病"。另外的条件致病菌是鼠弓浆虫(图15-2)，能引起艾滋病患者脑抽搐。

致病性(致病力)

15.13 正常菌群微生物和病原微生物间的差别是什么?

病原微生物(pathogenic microorganism，亦称致病微生物)具有正常菌群微生物所不具有的性质。这是指病原体(pathogen)能够侵入组织并引起健康状况的改变[①]。病原微生物能够克服正常机体的防御机能。这些性质增加了微生物的致病性(微病力)。

15.14 微生物中致病力程度有不同吗?

毒力(virulence)表示微生物中致病力(pathogenicity)程度的强弱。某些微生物如伤寒杆菌有强的毒力，而另外一些微生物如麻疹病毒为中等毒力，而其他一些如一般感冒病毒为弱的毒力。毒力指的是可能引起机体致病的能力。

① 指能够引起人体或动物体发生传染病的微生物。——译者注

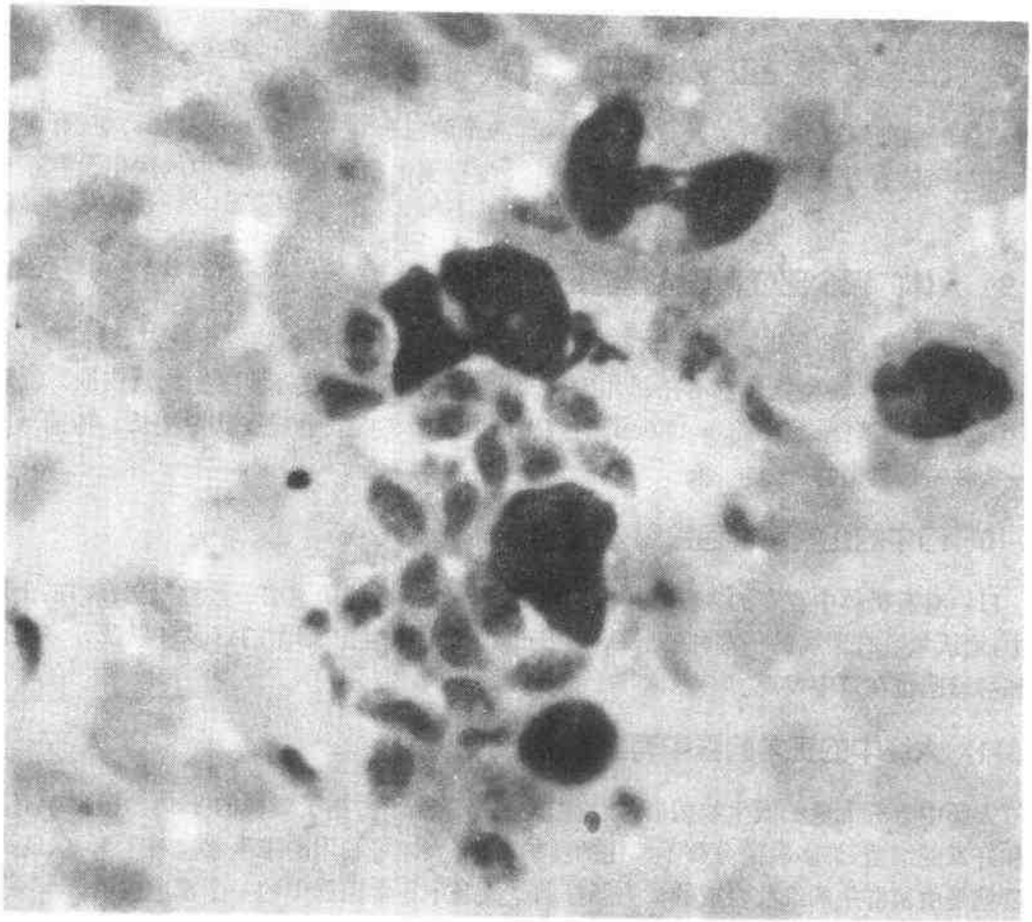


图 15－2 鼠弓浆虫的许多新月形细胞的光学显微照片

15.18　侵入门径对于宿主的传染重要性是什么?

假如微生物具有病原性,在引起宿主致病之前,必须有一个合适的侵入门径。侵入的机制称为**侵入门径**(portal of entry)。通常微生物的进入是从**外源性来源**(exogenous source),也就是从体外进入。然而,偶然它也会从**内源性来源**(endogenous source)进入,一个已经在机体之内的来源,如消化道。

15.19　假如未遇到侵入门径会发生感染吗?

假如侵入门径不适合,感染一般不会发生。例如,普通的感冒病毒必须进入呼吸道才发展成普通感冒。假如该病毒在皮肤上,侵入门径不适合,疾病一般不会发生。

15.20　所有微生物都有单独侵入门径吗?

许多微生物有单独的侵入门径。例如,为了感染疟疾,疟疾的寄生虫必须通过蚊虫叮咬注入血液。其他疾病,可能存在复杂的侵入门径。感染结核病,结核杆菌要进入呼吸道或消化道。土拉菌病是由杆菌进入身体通过眼、皮肤、呼吸道或直接进入血液引起。图 15-3 所示是在两个个体中侵入的几个门径。

15.21　哪些其他致病力(毒力)因子有助于感染?

一旦病原微生物已经进入正确的侵入门径,并且有足够的数量,它们就结合到宿主的组织上,并且侵入去完成感染。**结合**(binding)受到细菌表面的菌毛促进,**侵入**(penetration)是通过病原体产生的酶促进。侵入的一个例子是在引起阿米巴变形虫病(amoebiasis)的痢疾内变形虫中发现的。这个原生动物的寄生虫产生破坏消化道被覆的上皮细胞的酶,使寄生物侵入并引起溃疡。微生物的荚膜也帮助粘连和结合,病毒则用特异的结合分子粘到细胞的受点上。

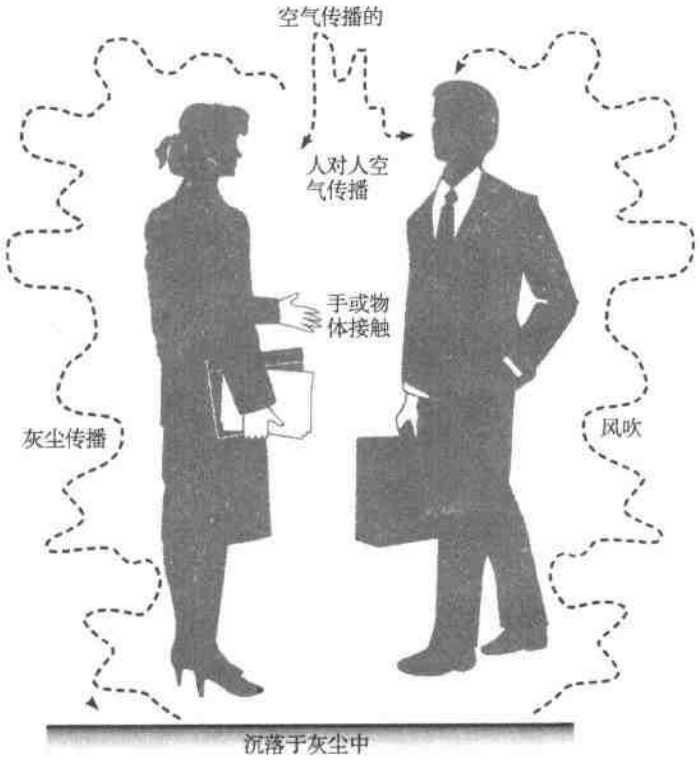


图 15-3　两个个体间微生物通过几个侵入门径传播的几种方法。

15.22 微生物能产生有助于它们穿透过组织的酶吗?

某些微生物产生**透明质酸酶**(hyaluronidase),该酶水解多糖类的透明质酸,透明质酸是一种典型的"胞间黏合质",在组织中使细胞结合在一起。这个酶帮助病原体在组织间扩散。另外一种酶,**胶原酶**(collagenase),水解结缔组织中的胶原纤维,以利于病原体在组织中扩散。

15.23 病原体用什么机制中断机体的细胞进程?

许多微生物产生**毒素**(toxin),干扰细胞和组织的生理及代谢的一系列有毒化合物。组织中存在毒素称为**毒血症**(toxemia)①,产生大量毒素的疾病称为**中毒**(intoxication)。

15.24 感染中可产生不同类型的毒素吗?

微生物一般产生两类毒素。**外毒素**(exotoxin)是微生物分泌体外的毒素。保持在微生物体内,而只在微生物死亡后才释放的毒素称为**内毒素**(endotoxin)。内毒素通常是微生物细胞壁的一部分物质。

15.25 在机体中外毒素引起哪些效应?

影响机体细胞有不同类型的外毒素。某些微生物产生**溶血素**(hemolysin),破坏红细胞的一系列外毒素,因此减少机体携带氧的能力。其他微生物产生**杀白细胞素**(leukocidin),是破坏白细胞的毒素。白细胞通常执行吞噬微生物的功能,所以杀白细胞素活性减少机体的防御能力。

15.26 毒素直接对疾病症状负责吗?

细菌中白喉、破伤风和肉毒中毒的微生物,它们的外毒素是已知的。**白喉**的外毒素损伤呼吸道的细胞,使呼吸道上形成假膜,引起窒息。**破伤风**的外毒素,通过干扰突触的活性,引起肌肉痉挛。**肉毒中毒**的毒素也影响突触的活性,它阻止了乙酰胆碱和神经传递素的释放,因此导致肌肉麻痹。

15.27 哪类微生物产生外毒素?哪类微生物产生内毒素?

革兰氏阳性菌主要产生外毒素,而革兰氏阴性菌产生内毒素。病毒并不产生毒素;真菌和原生动物的毒素也没有深入研究过。

15.28 内毒素对机体有哪类作用?

内毒素对于机体没有特异性作用,但它能引起发热、出血和心血管系统的衰弱。这种衰弱常称为**内毒素休克**(endotoxin shock)。这种现象发生在革兰氏阴性菌在血中分解和释放其内毒素时,常因抗生素治疗所引起。

疾病的类型

15.29 局部感染和全身感染间的差别是什么?

按照感染发病的部位的不同,人类感染有不同的类型。**局部感染**(localized infection)限定在机体特定部位,通常是第一次感染的部位。相反,**全身感染**(systemic infection)可以扩散到身体的可供选择的部位,如深部的组织或器官。例如,葡萄球菌感染,可以只发生在皮肤上作为局部感染,或者成为全身感染如发生在血液、肺、脑(脊)膜或机体其他深处的部位。

① 所产的毒素进入全身血流而引起的全身性症状称毒血症。——译者注

15.30　几种微生物能在同一时间引起感染吗?

一般类型是单一的微生物引起单一的疾病。但是,也有同时由多种病原体引起的感染。这样的感染称为**混合感染**(mixed infection)。

15.31　初次感染和继发性感染间的差别是什么?

初次感染(primary infection)是在以前健康的机体上建立的感染,而**继发性感染**(secondary infection)是已经被不同的微生物感染后,在机体中又引起的感染。例如,某些类型的肺炎(如支原体的肺炎),是从其他个体中获得的微生物引起的感染。这是初次感染。另外一种类型肺炎(如肺炎球菌性肺炎)又在机体中引起感染,这是机体与流感病毒、艾滋病病毒、葡萄球菌或其他微生物斗争而引起的,是继发性感染。

15.32　急性感染与慢性感染怎样区别?

急性感染(acute infection)也称急性传染,是指那些发病快,伴随着重度症状和进展很快到顶点的感染。**慢性感染**(chronic infection)也称慢性传染,发病缓慢,并伴随着从轻微到重度的症状,持续一段很长的时间,并有一个持续的恢复期。急性病的一个例子是麻疹,慢性病的典型例子是单核细胞增多(症)(mononucleosis)感染。

15.33　疾病的病征和症状间的差别是什么?

疾病的**病征**(sign)是观察者测量疾病的依据;而**症状**(sympton)是由病人提出的主观的疾病的量度。在伤寒病中,疾病的病征是机体出现玫瑰红斑,而疾病的症状是病人感到不知所措的不适。

15.34　所有疾病都同时伴有明显的病征和症状吗?

并不是所有疾病都同时伴有病征和症状。有时疾病是**无症状的**(asymptomatic)。意指没有任何病征和症状与该疾病有关。疾病也可以是**亚临床(性)**(subclinical),意指没有临床感染病征。

15.35　疾病在不同个体之间如何传播?

为使不同个体间发生传播,病原微生物必须通过**病菌出口**(portal of exit)离开机体。通过从呼吸道排出的呼吸的分泌液或从粪便或尿液排出微生物的方式可以发生传播,或当蚊虫、虱蜱或其他节肢动物吮吸血时病原微生物可以发生迁移。皮肤接触包括性交,也是病原微生物由一个个体转运至另一个个体的一种传染机制。

15.36　哪类公共健康的专业人员与疾病研究有关?

流行病学(epidemiology)是关于公众中传染病传播研究的一个学科。在这一领域中公共健康的专业人员是**流行病学家**(epidemiologist)。一位流行病学家进行流行病研究并负责检测人群中的疾病及记录流行病的过程。

15.37　美国的主要公共健康机构是哪一个?

美国与流行病学有关的政府机构是在美国佐治亚州亚特兰大市的**疾病防治和预防中心**(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)。CDC 的流行病学家出版的《发病率和死亡率周报(*Morbidity and Mortality Weekly Report*)》,是一本概述目前公众中的疾病和其意义的杂志。

15.38 疾病暴发怎样区别分类?

疾病的暴发可分类为地方性的、流行性的和广泛流行的（世界流行的）。**地方性的**(endemic)，或称**地方性疾病**(endemic disease)，指的是人群中存在的、维持相对长时期的一种疾病。相反，**流行性的**(epidemic)，或称**流行性疾病**(epidemic disease)，指人群中暴发和迅速传播相对短时期的疾病。**广泛流行的**(pandemic)是一种世界范围的流行病，艾滋病就是当代广泛流行的疾病的一个例子。

15.39 当流行病和广泛流行病未发生时微生物在自然界怎样维持?

当流行病和广泛流行病未发生时，人体可作为储菌者和带菌者使微生物得以维持。一个**储菌者**(reservoir)是保持病原体不表现病征或病症的人或动物，土壤、水、植物和无生命的物质，也能作为储菌者。相反，**带菌者**(carrier)是患过传染病，并且痊愈后继续保留病原体并成为传染源的个体。一个带菌者可以外表上是健康的，但是仍然继续传染疾病。

15.40 人群中存在不同类型的带菌者吗?

病原体的带菌者按照其疾病所处的阶段分为不同类型。例如，**潜伏期带菌者**(incubation carrier)是任何病征或病症出现之前，疾病处于潜伏时就传播病原体。携带艾滋病病毒的人就是潜伏期带菌者。另外是**康复期带菌者**(convalescent carrier)，曾经患过病，现在是带菌阶段。甲型肝炎常通过恢复期带菌者传染。**长期带菌者**(chronic carrier)亦称慢性带菌者，是一种疾病已痊愈，但偶然旧病又会温和地复发。患过结核病的人是长期带菌者。**接触带菌者**(contact carrier)是一种偶然从一个来源得到微生物，而携带它们至另一处去的人。食品工业中的工作人员可以是接触带菌者。

15.41 动物能在人类间传播传染病吗?

传播人类疾病的动物称作**媒介**(vector)。媒介可以是**生物的媒介**(biological vector)，如果它被病原体感染，且在其死前传播病原体，或者可以是**机械的媒介**(mechanical vector)，假如它传播病原体，而它自身未被传染。传染黄热病病毒的蚊子是生物媒介，而在食物中传播微生物的苍蝇是机械媒介。

15.42 所有微生物的疾病都是传染的吗?

传染病(communicable disease)是指能从一个宿主传染到另一个宿主的一种疾病，多数传染病可分成下述种类：**接触传染病**(contagious disease)是特别容易传染的传染病。有某些易感染病是**非传染病**(noncommunicable)。这些疾病直接从环境中获得或已在机体的生物获得。破伤风是非传染病的一个例子；肺炎球菌性肺炎是又一个例子。患这种病的人通常并不传染这种病给其他个体。

15.43 水平和垂直传播疾病的差别是什么?

疾病**水平传播**(horizontal spread)指人群不同成员间的传播，一个个体传给另一个个体。疾病的**垂直传播**(vertical spread)指的是在世代之间传递，也就是从亲代到子代通过胎盘或分娩过程传递的。

15.44 人类之间传播病原体的一般方法是什么?

病原体可以通过直接或间接的方法在人类间传播。**直接方法**(direct method)包括某些人类之间的接触，微生物从一个人到第二个人。**间接传播**(indirect transmission)包括称为传染物的无生命物或某些类型食物或土壤、水或空气中传播的颗粒。例如，排出的一点黏液和唾液

(微小的核心)可在人群中间接传播病原体。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 偏利共栖(commensalism)是正常菌与人体之间的一种关系:(　　)。 (a)两个群体皆从另外一方获益 (b)一个群体获益而不损害其他群体 (c) 一个群体杀死另外一个群体 (d)正常菌群被消灭
2. 透明质酸酶通过(　　)帮助微生物扩散。 (a)在机体防御机制周围形成血块 (b)降解形成的血块 (c)降解透明质酸使细胞结合在一起 (d)抗细胞吞噬作用
3. 那些感染发病很快并伴随严重症状的被描述为(　　)。 (a)慢性感染 (b)条件致病性感染 (c)急性感染 (d)无症状的感染
4. 一个康复期带菌者是一个(　　)。 (a)带菌状态下传播疾病的人 (b)从未患过疾病,但是带有病原菌的人 (c)已从疾病痊愈,但旧病又温和复发的人 (d)在潜伏期时就传播疾病的人
5. 人体中非传染病的一个例子是(　　)。 (a)白喉 (b)百日咳 (c)沙门氏菌病 (d)破伤风
6. 传染人疾病的动物称为(　　)。 (a)带菌者 (b)储菌者 (c)媒介 (d)培养箱
7. 假如细菌具有(　　),可以促进结合到组织表面。 (a)荚膜 (b)菌毛 (c)鞭毛 (d)颗粒
8. 由艾滋病病毒感染引起人类疾病的微生物被描述为(　　)。 (a)外源性的 (b)广泛流行的 (c)条件致病菌 (d)共生生物
9. 微生物所产生干扰机体细胞和组织生理作用的有毒物质被描述为(　　)。 (a)毒素 (b)细菌素 (c)抗生素 (d)抑制素
10. 混合感染是一种(　　)。 (a)由微生物产生几种不同类型毒素的感染 (b)机体产生几种不同种类的抗体的感染 (c)多种不同微生物引起的感染 (d)由多种不同的侵入门径侵入的感染
11. (　　)在机体内不能产生毒素。 (a)革兰氏阳性菌 (b)革兰氏阴性菌 (c)细菌的杆菌 (d)病毒
12. 人体下列所有部位有正常菌群,除了(　　)之外。 (a)皮肤和黏膜 (b)呼吸道 (c)眼的外部部位 (d)肝脏
13. 一种微生物致病力程度的强弱以它的(　　)表示。 (a)毒血症 (b)中毒 (c)特有的潜力 (d)毒力
14. 微生物有复杂侵入门径的一个例子是引起(　　)的微生物。 (a)疟疾 (b)艾滋病 (c)结核病 (d)蚀斑
15. 杀白细胞素是微生物的毒素,它(　　)。 (a)对红细胞有破坏效应 (b)允许微生物透过组织侵入 (c)破坏白细胞 (d)引起肌肉痉挛
16. 继发性感染是一种(　　)的发展。 (a)在机体中已被不同微生物感染 (b)在机体组织继发位点的感染 (c)当病症在其最高水平时 (d)不是从一个人到另一个人的传染
17. 广泛流行病是(　　)暴发的疾病。 (a)局部水平 (b)世界范围的水平 (c)城市的水平 (d)仅在某一种族中的人
18. 疾病从亲代传给子代通过胎盘传播被认为是(　　)。 (a)水平传播 (b)斜向传播 (c)垂直传播 (d)循环传播
19. 生物的媒介是那些传播微生物疾病并且(　　)。 (a)它们自己变成被传染的 (b)它们自己保持不被传染 (c)只传播真菌的疾病 (d)在侵入的各处传染疾病

20. 负责监测人群中的疾病和记录其过程的人是一位(　　)。 (a)真菌学家 (b)细菌学家 (c)流行病学家 (d)泌尿科专家

填空题 在下面各句中,用适当的词或词组填空。

1. 病原微生物突破寄主防御并在组织中繁殖称为_____。
2. 在人皮肤上停留的种群中典型的微生物是_____的细菌。
3. 在宿主中致病所需要的接种物的量称为_____。
4. 白喉毒素引起疾病通过损伤_____的细胞。
5. 那些传染发病缓慢,并伴随着从轻微到重度的症状称为_____。
6. 一种没有病征或病症的疾病被说成是_____。
7. 发生在呼吸道的非传染病的一个例子是_____。
8. 传染黄热病病毒的生物媒介是_____。
9. 人免疫缺陷病毒的感染剂量是_____的。
10. 当潜在性感染微生物在机体存在,但还没有侵入组织时,机体被说成是_____。
11. 机体之中一个不存在正常菌群组织的例子是_____。
12. 有高度毒力的微生物指的是有高度可能引起_____的能力。
13. 微生物中水解胶原纤维,并促进病原体在组织中扩散的酶称为_____。
14. 产生大量微生物毒素的疾病称为_____。
15. 在美国与流行病学有关的政府机构是_____。
16. 保持病原体在组织中而没有任何疾病症状的人叫做_____。
17. 那些特别容易传染的传染病被认为是_____。
18. 称为溶血素的微生物毒素已知它们有能力去破坏_____。
19. 栖居口中的正常菌群常常黏着在牙蚀斑上的是包括有厌氧的_____一些种。
20. 引起人类艾滋病的那些微生物一般描述为_____菌群。
21. 蛤、牡蛎和其他贝类已知能够浓缩_____的病毒。
22. 组织中存在微生物的毒素称为_____。
23. 当_____毒素阻止乙酰胆碱释放时,肌肉会出现麻痹现象。
24. 扩散至机体的另外部位如深部器官的一种感染称为_____。
25. 内毒素休克常常是由于那些_____的细菌释放内毒素引起的。
26. 由病人所提出的主观的疾病的量度称为_____。
27. 在人群中存在的维持相当长一个时期没有暴发的疾病被描述为_____疾病。
28. 在_____的样品中,机械的媒介可以传播微生物。
29. 间接传播微生物可以通过称为_____的无生命物引起。
30. 被微生物分泌的那些毒素,当它们感染组织时描述为_____。

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

__1. 感染和疾病是相同的。
__2. 所有微生物都能产生外毒素。
__3. 条件致病菌通常不认为是致病的。
__4. 外毒素主要是革兰氏阳性菌产生的,而内毒素由许多革兰氏阴性菌产生。
__5. 美国疾病防治中心出版的《发病率和死亡率周报》是概述目前公众中存在的疾病及其意义的杂志。
__6. 广泛流行病是人群中存在的一种疾病,但是保持在人群中相当长一段时间而不暴发。
__7. 长期带菌者是那些已从疾病痊愈,但旧病又温和复发,并能传播病原体给其他人的人。

__ **8.** 透明质酸酶水解结缔组织中的胶原纤维，能破坏白细胞。
__ **9.** 构成皮肤停留种群的那些微生物，一般不能在那儿生长。
__ **10.** 肉毒中毒的毒素作用于突触上，阻止了神经传递素的释放。
__ **11.** 急性感染是发病缓慢并且一般伴随着轻微症状和坚持一段很长的时间。
__ **12.** 破伤风是非传染病感染的一个例子。
__ **13.** 疾病的水平传播指的是人群不同成员间的传播。
__ **14.** 杀白细胞素是破坏白细胞的外毒素的类型。
__ **15.** 白假丝酵母是正常菌群中能引起机体疾病的一个例子。
__ **16.** 所有微生物有单独的侵入人类机体的门径。
__ **17.** 某些微生物，如感染伤寒的那些菌剂量是非常高的。
__ **18.** 白喉外毒素对人体的效应发生在呼吸道的细胞上。
__ **19.** 初次感染指的是已经微生物感染后，在机体中又发展的。
__ **20.** 一位流行病学家是公共健康的专业人员，他负责检测人群中的疾病及记录流行病的过程。

（林稚兰 译）

第16章 宿主抗性和免疫系统

内　容

当遇到传染病时，宿主机体有各类抗性应答。主要的抗性类型是免疫系统，这是本章的主要内容。本章内容是：

1. 阐述许多机械性的应答疾病的非特异性防御机制。
2. 正确评价吞噬作用作为机体防御机制的重要性。
3. 识别机体中先天免疫与获得性免疫的差别并阐述各种类型的获得性免疫。
4. 介绍抗原的特性、种类和影响因素等概念并讨论它们如何刺激免疫系统应答。
5. 阐述两种类型细胞免疫系统的意义并指出它们在机体中的来源。
6. 阐述抗体介导免疫性中抗体的重要性并介绍几类抗体的特性。
7. 概述 T 细胞在免疫应答中的意义以及它们在细胞介导免疫中的功能。
8. 阐述用于刺激机体产生获得性免疫的各种类型疫苗。

原理和问题

16.1　宿主遇到传染病时有几道防线?

机体中有天然防御传染病的抵抗力，通常限定微生物停留在体表并阻挡病原体侵入最深部的器官。然而，偶然微生物有增加其致病力的不寻常特性，使它们突破表面屏障。在这种情况下，人体针对疾病提供三道防线：表面防御、吞噬性防御和集中在免疫系统的特异性防御。人体的表面防御可再细分成机械性防御、化学物质防御和微生物防御。

16.2　描述宿主机体可用的各种机械性防御?

机体可用的最基本的机**械性防**御(mechanical defense)机制是完整的皮肤表面和许多系统的黏膜，如呼吸道、消化道、泌尿生殖道和眼睛的结膜。疾病的第一阶段是由于这些屏障被割、刺受伤或有其他创伤，使得病原体得以穿过这些屏障。另外，黏膜的屏障作用也能由于烟雾、空气污染物和有毒气体而有所减弱。

16.3　有哪些因素可增强机体的机械性防御能力?

有几种因素可增强机械性防御。其中有呼吸道的黏膜和纤毛。黏着性的**黏液**(mucus)捕获进入呼吸道的颗粒，**纤毛**推动黏液进入吞咽的咽喉。咳嗽和喷嚏也能增加机械性防御，使之从呼吸道排出微生物。鼻子的**毛**(hair)能增加机械性防御，身体的汗毛也能阻止微生物到达皮肤。**尿液**可减少泌尿道微生物种群，**眼泪**可以清洗眼睛。而且，死后脱落的皮肤细胞可以从皮肤表面除去许多微生物。

16.4　哪些类型的化学物质防御是机体表现的表面防御部分?

机体合成各类化学物质参与表面防御。其中有**溶菌酶**(lysozyme)，眼泪和唾液中的一种破坏革兰氏阳性菌细胞壁的酶。在汗和耳垢中也有抑制微生物活性的许多**脂肪酸**(fatty

acid)。胃中的**盐酸**(hydrochloric acid)在胃中杀死细菌,阴道也有高含量的酸防止微生物污染。从胆囊分泌的**胆汁**(bile)在消化道杀死微生物。从十二指肠来的**酶**杀死其他的微生物。

16.5　微生物防御能用于抑制病原微生物发育吗?

机体的许多部位能发现正常菌群。正常菌群中的微生物同病原微生物竞争环境中的营养和可利用的空间。因为正常菌群中的微生物已经很好地定居了,一般能阻止偶然侵入机体的病原体的生存。正常菌群的微生物也产生抑制病原体侵入的代谢产物。例如,在阴道中的乳杆菌产生抑制病原体生长的酸。皮肤上的微生物也能产生酸。

吞噬作用

16.6　机体吞噬性防御的基础是什么?

机体吞噬性防御集中表现为**吞噬作用**,被称为吞噬细胞的白细胞执行这种功能。这些细胞吞没微生物(图 16-1),释放酶与微生物结合。吞噬消化微生物的酶很快从溶酶体释放。这样的酶如蛋白酶、脂肪酶和肽聚糖酶在吞噬作用中是有活性的。然后这些碎片在吞噬作用结束时释放。

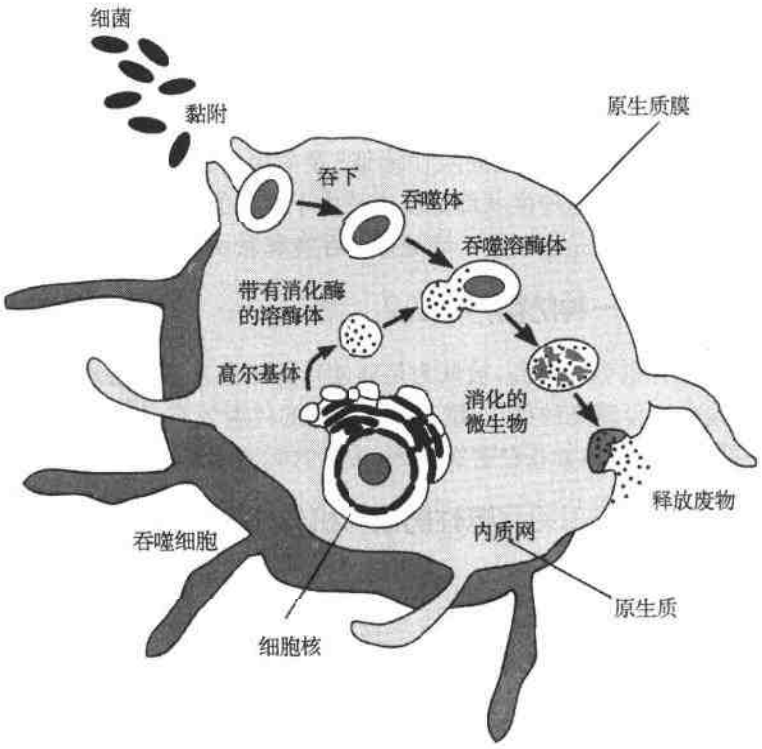


图 16-1　吞噬作用过程示意图,对疾病提供非特异性防御作用。该过程从吞噬细胞黏附感染的细菌开始,以释放废物结束。消化微生物的酶由溶酶体提供。

16.7　机体中执行吞噬作用的主要细胞有哪些?

吞噬作用中所涉及的主要细胞是中性粒细胞。**中性粒细胞**(neutrophil)是粒性白细胞[①]。它们有一个多裂片状核,大约占循环系统中白细胞的 60%~65%。中性粒细胞也称为**多形核白细胞**(polymorphonuclear leukocyte,PMN)。它们是第一个到达感染部位的白细胞,并且是起黏附作用的伪足的组成部分。

① 颗粒多的白细胞。——译者注

16.8 在血液中还有其他吞噬细胞吗?

另一种重要的吞噬细胞是单核细胞。**单核细胞**(monocyte)是有一个大的马蹄形核的细胞。大约占循环系统中白血球的8%。

16.9 不在血液中而在组织中能发现有吞噬细胞吗?

在组织中,发现的特殊吞噬细胞称为**巨噬细胞**(macrophage)。巨噬细胞分布在肝、脾、骨髓和许多其他的机体组织和器官中。它们负责执行吞噬作用并如我们将简短讨论的参与最初的免疫应答功能。

16.10 在组织中可发现哪些种类的巨噬细胞?

巨噬细胞可分为固定在组织中的固定态巨噬细胞和游离态巨噬细胞。**固定态巨噬细胞**(fixed macrophage)保持在一个地方,当血液和淋巴液流过时吞没潜在的病原体。**游离态巨噬细胞**(wandering macrophage),能迁移到可能遇到的病原体的部位。它们在已经侵入机体皮肤后所感染的部位聚集。固定态巨噬细胞、游离态的巨噬细胞、单核细胞和其他巨噬细胞构成机体的**网状内皮系统**(reticuloendothelial system, RES)。该系统也叫做**单核吞噬细胞系统**(mononuclear phagocytic system, MPS)或称单核巨噬细胞系统。

16.11 发炎过程与吞噬作用怎样联系?

发炎(inflammation)是一种宿主局限性感染[①]及消灭病原体的一种积极方式。发炎的反应一般包括痛、肿、热和红。这些症状部分反应是由于逸出的血浆进入受伤部位以及吞噬细胞的到达所引起的。部分反应是由于侵入病原体的吞噬和脓块的聚集所引起的。

16.12 发热是宿主的一种防御方法吗?

发热(fever)即机体的温度升高,被认为是通过升高体温来增加吞噬效率而提供的保护作用。而且发热加速血流至感染的部位,增加机体细胞的代谢效率,使机体抵抗感染。在某些情况下,升高体温可能与病原体如苍白密螺旋体(梅毒的病原体)生长有关。

16.13 机体的表面性防御和吞噬性防御与机体中同样存在的免疫性防疫有什么区别?

机体的表面性防御(包括机械性防御、化学物质防御和微生物的防御)和吞噬性防御是机体防御的**非特异性防御**(nonspecific defense)。这些防御是所有病原体侵入机体直接产生的,不管是哪种病原体[②]。比较起来,免疫防御是直接的、有针对性的单独对某种病原体(只对某一种)。因此,免疫防御是**特异性防御**(specific defense)。免疫系统被认为是机体防御的特异性机制。

免疫的类型

16.14 机体存在哪两类主要的免疫类型?

人体有两个基本的免疫类型:先天免疫与获得性免疫。当机体遇到传染性微生物时,每一种都产生特异的宿主抵抗力。

16.15 机体先天免疫的特性是什么?

先天免疫(innate immunity)是由个体解剖学的、生理学的、生化学的和遗传学的特性而产

① 局部防御应答。—— 译者注

② 无特殊针对性的对病原体的天然抵抗力。——译者注

生的。这种免疫性是独立于任何特异病原体而形成的[①]。例如，人对引起犬瘟热的病毒有先天免疫，由于人的细胞缺少适合的受体位点，犬瘟热病毒不能黏附人的细胞。另外，狗不得艾滋病，因为狗的细胞没有人免疫缺陷病毒(HIV)的受体位点。先天免疫是天生的。

16.16　获得性免疫在一个个体中是怎样形成的?

获得性免疫(acquired immunity)是由于接触病原体或其他外源异物而获得的一种免疫类型。一般来说，获得性免疫形成是由于对侵入的微生物或外源异物有高度特异性应答的结果。

16.17　有不同类型的获得性免疫吗?

有两种认可的获得性免疫类型：自然获得免疫和人工获得免疫。**自然获得免疫**(natural acquired immunity)是经历天然的事件过程而自然发生的免疫力，而人**工获得免疫**(artificial acquired immunity)是故意接种某些外源物质刺激免疫应答而获得的免疫力。

16.18　自然获得免疫可再细分吗?

自然获得免疫力可分为自动的和被动的。**天然获得自动免疫**(naturally acquired active immunity)由一个人经过与病原体接触并通过形成侵蚀和抑制病原体的抗体来获得的。**天然获得被动免疫**(naturally acquired passive immunity)，抗体是从母亲到婴儿经过胎盘和脐带传递而来的。传递到胎儿中形成的抗体，在婴儿体内自其诞生后保持大约 6 个月。

16.19　人工获得免疫可再细分吗?

人工获得免疫力也可分为自动的和被动的。**人工获得自动免疫**(artificially acquired active immunity)是由注射疫苗或注射其他免疫刺激剂并已产生抗体而获得的。抗体属于个体特异的，进入机体后对其后进入的病原菌有抑制作用。**疫苗**是由灭活病毒、死的细菌、病毒或细菌的碎片或一般基因工程构建的微生物的化学成分组成。第二种类型的人工获得免疫是人**工获得被动**免疫(artificially acquired passive immunity)。这种免疫性通过给个体注射抗体获得的。抗体提供立即的抗病防御能力，但该抗体不能在系统中保持超过几天或几周。**γ-球蛋白**(gamma globulin)是用来诱导这种类型免疫的抗体的一种制品。

免疫系统

16.20　什么是抗原? 它与免疫有什么关系?

抗原(antigen)是激活特异免疫应答产生抗体或特异效应细胞的化学物质。抗原对宿主生物来说通常是外源物质，但在某些情况下，宿主自己的化学物质已经被看成为外源。**免疫原**(immunogen)与抗原是同义词。

16.21　抗原是由什么组成的?

抗原是大分子的蛋白质或多糖。少数例子中，脂类或核酸有抗原的功能。如在细菌鞭毛中的蛋白质和在细菌荚膜中的多糖就含有抗原。

16.22　小分子能作为抗原激活免疫系统吗?

小分子作为抗原，功能是不全的，因为它们不黏附巨噬细胞。而巨噬细胞必须首先吞噬抗原才发出免疫应答。但是，有的小分子如青霉素分子能与机体的蛋白质结合形成大分子，而且有抗原性。像青霉素分子这样的小分子被称为**半抗原**(hapten)。

---

① 是在种系发育过程中形成的，不需要特殊病原体的刺激或诱导，由先天遗传而来的。——译者注

16.23 抗原物质怎样有效激活免疫系统?

免疫应答并不是直接指整个抗原分子。免疫应答直接指向抗原分子上特异的称为**表位**(epitope)或**抗原决定簇**(antigenic determinant)的小化学分子[①]。一个单个的抗原分子可以带有许多不同的表位,每一个表位都能激活一个免疫应答。

16.24 抗原加工过程怎样发生的?

抗原激活免疫应答之前,必须要进行加工。加工是由循环系统的单核细胞和全身组织细胞中的巨噬细胞完成的。两种细胞都是颗粒性吞噬细胞,它们吞噬抗原分子,分解成它们的表位。然后在加工过程结束时,表位显示在这些细胞膜的表面。

16.25 细胞表面有具免疫应答功能的其他分子吗?

显示在单核细胞表面和巨噬细胞表面的抗原表位与一组称为**主要组织相容性抗原分子**[major histocompatibility (MHC) molecule]的分子结合在一起。这些分子是机体惟一的自身标志性分子,它们是机体免疫系统区分(识别)是自己的与非自己的巨噬细胞和单核细胞的基础。主要组织相容性抗原分子是由人细胞染色体中主要组织相容性抗原分子基因编码的。

16.26 免疫系统的哪些细胞负责免疫应答?

人类免疫系统有两个主要的分支。一个分支集中在一组**B淋巴细胞**(B lymphocyte),而另外一支集中在**T淋巴细胞**(T lymphocyte)。B淋巴细胞免疫的功能称为**抗体介导免疫**(antibody-mediated immunity),而T淋巴细胞功能是**细胞介导免疫**(cell-mediated immunity)。B淋巴细胞也称为B细胞,而T淋巴细胞也称为T细胞。

16.27 人体中T细胞来源是什么?

像所有的血细胞,T细胞来源于骨髓的造血干细胞。在胎儿期,T免疫细胞[②]进入循环,送至一个器官称作胸腺(thymus gland)(图16-2)。前T细胞定位在颈的区域,在胸腺激素作用下,修饰、处理并分化为成熟型的T细胞。成熟的T细胞(T淋巴细胞)离开胸腺后,随着

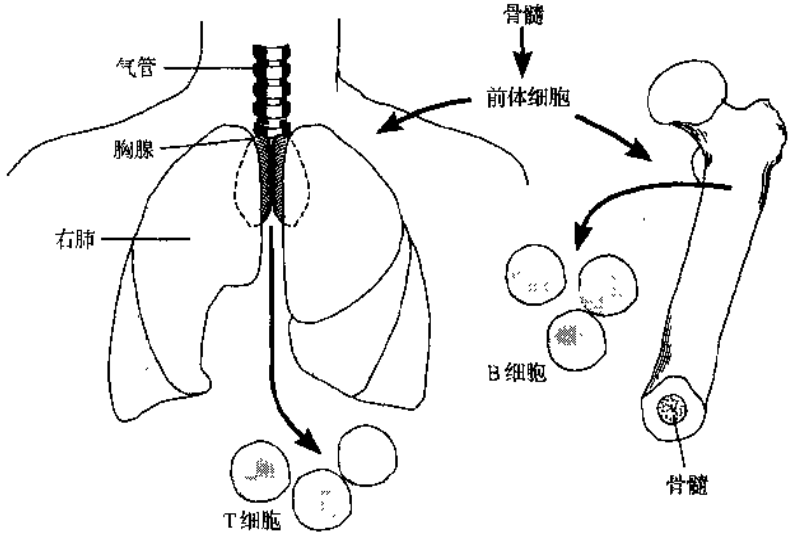


图16-2 免疫系统以两种细胞活性为基准,B细胞和T细胞。在骨髓中前体细胞经修饰形成B细胞。另外的前体细胞在胸腺修饰形成T细胞。B细胞和T细胞皆定居在淋巴系统。

① 指抗原表面决定其特异性的特定化学基团或抗原决定基。——译者注

② 前T细胞,幼稚型。——译者注

循环移动，定位于淋巴结、脾脏、扁桃体、腺体状组织和其他淋巴系统组织中①。

16.28　免疫系统中有不同种类的 T 细胞吗?

当 T 细胞在胸腺中成熟时，不同的 T 细胞克隆有明显不同的与不同抗原应答的表面受体分子。因此，有许多不同的 T 细胞克隆进入机体，可执行不同的功能以对不同的抗原应答。T 细胞将会对真菌、原生动物、感染细胞的病毒、癌细胞和移植细胞的抗原进行应答。

16.29　B 细胞在机体怎样形成?

B 细胞(B 淋巴细胞)也来源于骨髓的造血干细胞，但是，人类中 B 细胞成熟的部位还未确定。研究的证据指出大概前 B 细胞在肝脏中、骨髓中或沿消化道的组织中分化成熟为 B 细胞。鸟类中 B 细胞分化成熟发生于一个称为腔上囊(bursa of Fabricuis)的器官中，即法氏囊。由于 B 细胞在囊(bursa)中分化成熟，所以称为囊依赖性"B"淋巴细胞。

16.30　在人类免疫系统中有不同种类的 B 细胞吗?

当 B 细胞成熟时，它们和 T 细胞一起，分布在淋巴结、脾脏和其他淋巴组织中。不同的 B 细胞克隆带有不同的表面标志。这些表面标志是抗体分子②。B 细胞可识别特异的抗原，与特异的抗原结合，激活**抗体介导免疫**。B 细胞可对细菌、病毒、平常机体中不常发现的大分子抗原进行应答。

抗体介导免疫

16.31　抗体介导免疫识别过程的特性是什么?

当巨噬细胞和单核细胞进入淋巴组织时，该两类细胞表面的抗原表位和 B 淋巴细胞应答③。应答包括主要组织相容性复合体分子(MHC)和两类细胞的抗原表位分子与抗原受体部位识别和结合。一旦识别发生，B 细胞分化和成熟为浆细胞④。**浆细胞**(plasma cell)合成和分泌大量的抗体。

16.32　在刺激 B 细胞的过程中还包含其他 T 细胞吗?

在 B 细胞受刺激过程中，还包括另一类称为**辅助性 T 细胞**(helper T cell)的 T 细胞。辅助性 T 细胞帮助巨噬细胞与 B 细胞结合在一起。它的分泌物辅助促进 B 细胞产生抗体。

16.33　怎样促进浆细胞产生抗体?

一旦浆细胞形成，它们便会"定向"去合成大量抗体分子。某些浆细胞每秒钟可合成超出 2000 个抗体分子。

16.34　什么是抗体介导免疫发生时的克隆选择学说?

巨噬细胞和 B 细胞之间的反应是有高度选择性的。巨噬细胞一定要找到含有合适的抗原受体部位的 B 细胞克隆，才能开始产生抗体。这种克隆选择学说特异结合过程如图 16－3 所示。一旦发现正确的 B 细胞克隆，从众多克隆中"选择"出特异的 B 细胞克隆，刺激这一克隆增殖、分化成为浆细胞而产生抗体。这就是**克隆选择过程**(clonal selection process)。

---

① 尚未成熟的 T 细胞离开胸腺后，在血液中胸腺激素的影响下，继续发育为成熟的 T 细胞。——译者注

② 已生成的 B 细胞在适当刺激下转化、分裂成产生游离抗体的浆细胞。B 细胞发展过程分为前 B 细胞、B 细胞和浆细胞三个阶段。B 细胞膜表面的特点是有免疫球蛋白(Ig)，也称表面免疫球蛋白，是抗原受体。——译者注

③ B 细胞膜表面多个特异 mIg 抗原受体。——译者注

④ B 细胞经抗原刺激后分化、成熟为浆细胞。——译者注

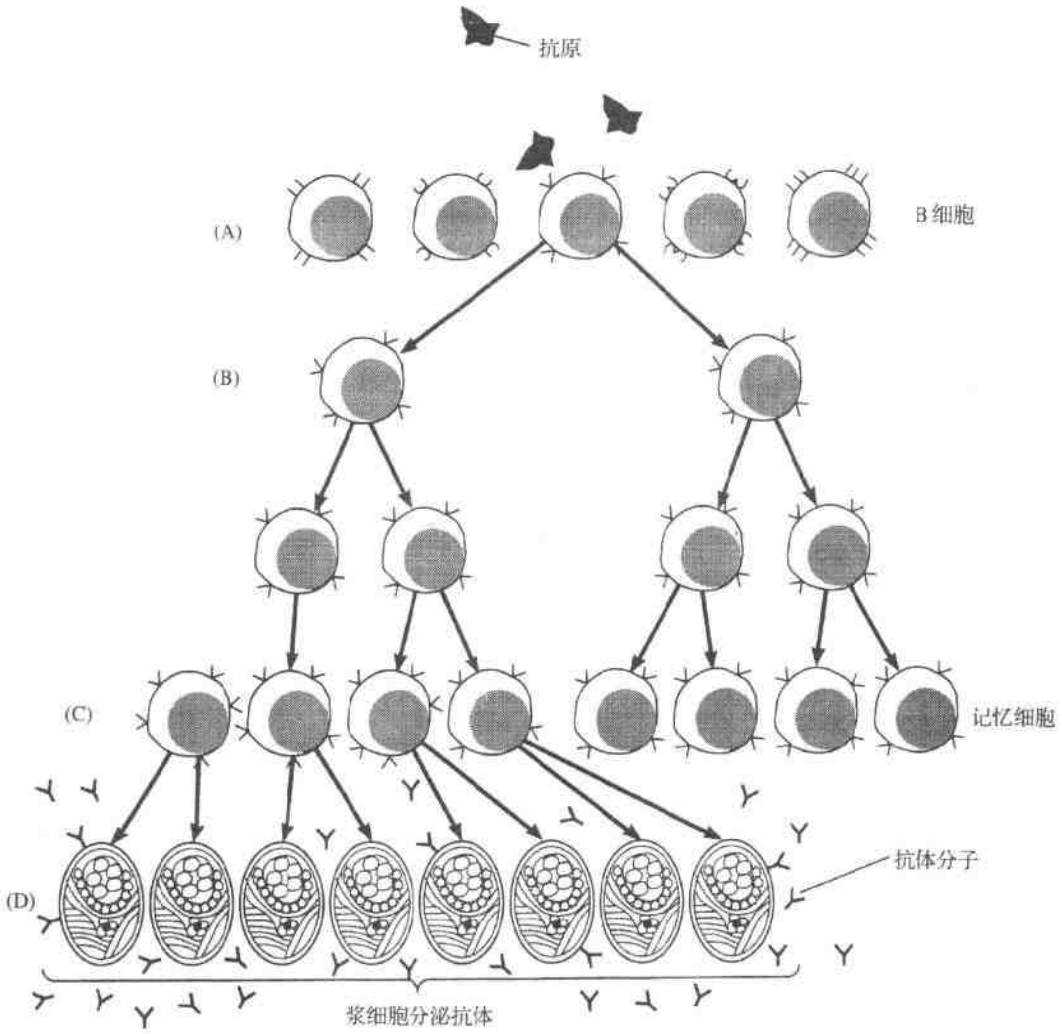


图 16-3　抗体介导免疫。(A)抗原分子与淋巴系统 B 细胞表面特异受体部位反应。B 细胞不同受体部位未包括在内;(B)正确的 B 细胞被选择出来、增殖形成 B 细胞克隆;(C)B 细胞继续增殖并产生某些记忆细胞;(D)B 细胞转化成浆细胞,浆细胞开始分泌抗体分子。抗体与抗原反应引起免疫应答。

16.35　抗体由什么组成?

抗体是球蛋白类型的蛋白质分子。根据它们的结构与功能可再分成五类。所有基本的抗体分子由四条多肽链构成:两条重链,每一条大约有 450 个氨基酸组成;两条轻链,每一条大约有 200 个氨基酸,链[①]由二硫键共价键相连接。

16.36　抗体还有其他名称吗?

因为抗体作为球蛋白分类,而且它们的功能是免疫应答,所以抗体也称为**免疫球蛋白**(immunoglobulins)。Ig 这个名称常用来表示抗体分子。

16.37　血液中最普通的抗体分子是什么?

五类抗体分子中,**IgG** 在任何时间都约占机体抗体总量的 80%。在特异免疫应答中,这个抗体是最重要的长效抗体。它由四条肽链的单体构成,在自然被动免疫中,它能通过胎盘自母体到达胎儿的血流中。

① 链内和链间。——译者注

16.38　与抗原分子反应的抗体的部分是什么?

每一个抗体分子有一个**不变区**(constant region,或称稳定区)和一个**可变区**(variable region)。可变区是抗体分子与特异性抗原分子(刺激其产生相应抗体)结合的区域。抗原的表位要完全与抗体结合部位匹配。

16.39　第二类抗体分子是哪一种?

第二类重要的抗体分子是 **IgM**。这个抗体分子很大,是由 5 个单体组成的五聚体,由于它的大小,不能离开血流,也不能通过胎盘。IgM 在血液中约占抗体总量的 5%～10%。经免疫后,它是血液中最先出现去抑制抗原的抗体,是初次抗体应答的主要成分。

16.40　第三类抗体 IgA 的特性是什么?

IgA 称为分泌抗体。它被分泌于机体腔中,如消化道、呼吸道和皮肤表面。IgA 抗体是由两个分子单体通过分泌的称为 J 链的一个片段连接在一起构成的,如图 16-4 所示[①]。IgA 分泌于母乳中,通过喂养从母乳摄入 IgA 给婴儿。

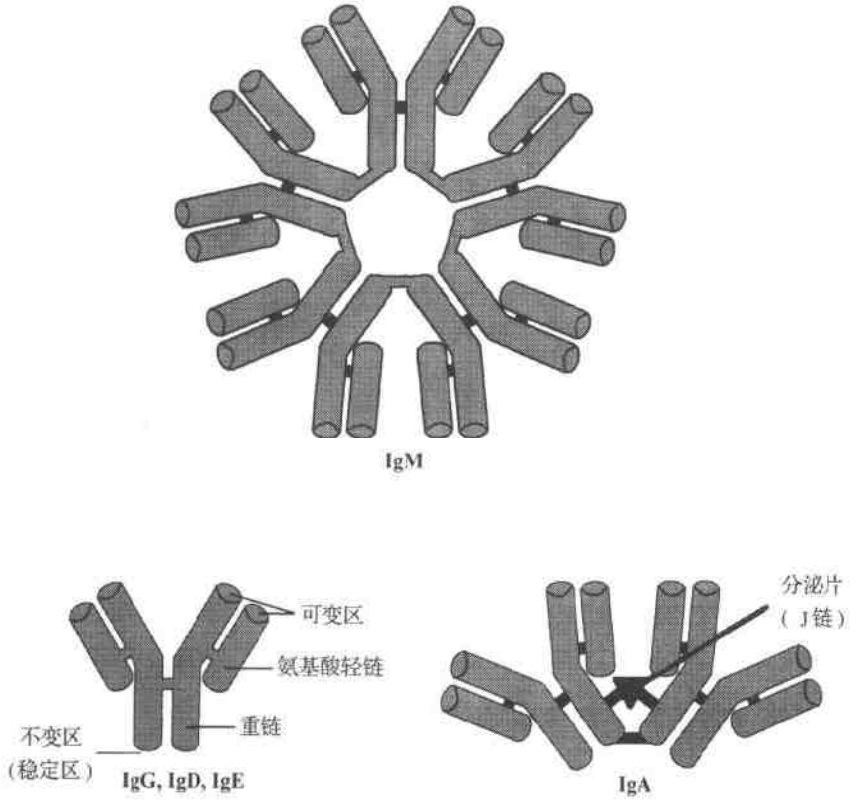


图 16-4　5 种不同类型抗体分子结构。注意 IgG、IgD 和 IgE 由单体构成,IgM 有 5 个单体和 IgA 有 2 个单体。

16.41　第四类抗体 IgD 的功能是什么?

IgD 约占血清中抗体总量的 1%～3%。IgD 抗体有作为 B 细胞膜表面的特异性抗原受体的部位。当吞噬细胞到达淋巴组织展示其抗原表位与特异性抗体结合后,触发机体免疫应答。IgD 由单体构成。

① 除含两个分子单体 IgA 外,少数以二、三、四聚体形式存在。——译者注

16.42 免疫应答的第五类抗体是哪一种？它的功能是什么？

第五类抗体称为 IgE。在血清中的浓度占总抗体量不足 1%。它的功能在许多的变态反应中体现。分子黏附在颗粒细胞如嗜碱性多核粒性细胞表面，当进行抗原-抗体应答时，促进细胞脱颗粒，释放[①]，引起变态反应。

16.43 抗体抑制微生物并把免疫性传递给机体用什么方法？

抗体抑制微生物用不同的方法。例如，它们与病毒表面结合，在病毒要复制时阻止病毒黏附宿主细胞表面。另外，抗体与细菌鞭毛结合，阻止其功能；与纤毛结合，阻止细菌黏附到组织上。在某些情况下，抗体促进吞噬作用发生，在另外情况中，抗体引起暴发称为**补体系统**(complement system)的一系列的反应。这种补体系统产生的结果使微生物表面成洞和穿孔，导致细胞质漏出和细胞分解。抗体也能引起微生物结块成团而被吞噬。

16.44 T 细胞在免疫应答中的功能是什么？

B 细胞通过激活抗体引起免疫，但 T 细胞通过直接介入抗原分子引起免疫应答。T 细胞自身卷入免疫应答，所以这种免疫类型称为**细胞介导免疫**。

细胞介导免疫

16.45 T 细胞是否像 B 细胞那样在其膜表面有受体？

B 细胞有抗体分子的受体部位。比较起来，T 细胞表面也有受体部位，但该部位是糖蛋白分子。糖蛋白与抗体类似，但是它们含有糖类分子，而抗体没有糖类分子。T 细胞表面的受体部位有各种不同的[②]区域，以便与抗原分子的表位相互作用。

16.46 在免疫应答中有功能的 T 细胞有几个不同类群？

免疫学家在人类免疫系统中，已经鉴定出三类亚群的 T 细胞。三类功能亚群是：辅助性 T 细胞、细胞毒性 T 细胞和抑制性 T 细胞。

16.47 辅助性 T 细胞的功能是什么？

辅助性 T 细胞通过在免疫系统中帮助其他细胞实现高效免疫应答，辅助免疫作用。在抗体介导免疫中，T 细胞帮助识别主要组织相容性抗原分子(MHC)和巨噬细胞表面的表位，帮助 B 细胞与巨噬细胞间相互作用。因此，辅助性 T 细胞是包括在抗体介导免疫系统中的。

16.48 在免疫应答中细胞毒性 T 细胞的功能是什么？

细胞毒性 T 细胞(cytotoxic T cell)直接参与细胞介导免疫系统。某些抗原表位刺激细胞毒性 T 细胞，然后它离开淋巴组织进入循环。细胞毒性 T 细胞移至抗原和抗原表位第一次被检出的区域，它们直接与抗原的表位相互作用和中和[③]。

16.49 当与抗原相互作用时细胞毒性 T 细胞如何引起免疫应答？

细胞毒性 T 细胞与特异的带抗原的细胞结合。具杀伤功能的 T 细胞分泌许多物质包括一种称为**穿孔蛋白**(peforin，亦称穿孔素)的酶。穿孔蛋白和其他的酶损伤细胞膜，细胞质漏出，细胞死亡(图 16-5)。

---

① 释放组胺。——译者注

② 表面标志。——译者注

③ 杀伤带抗原的靶细胞。——译者注

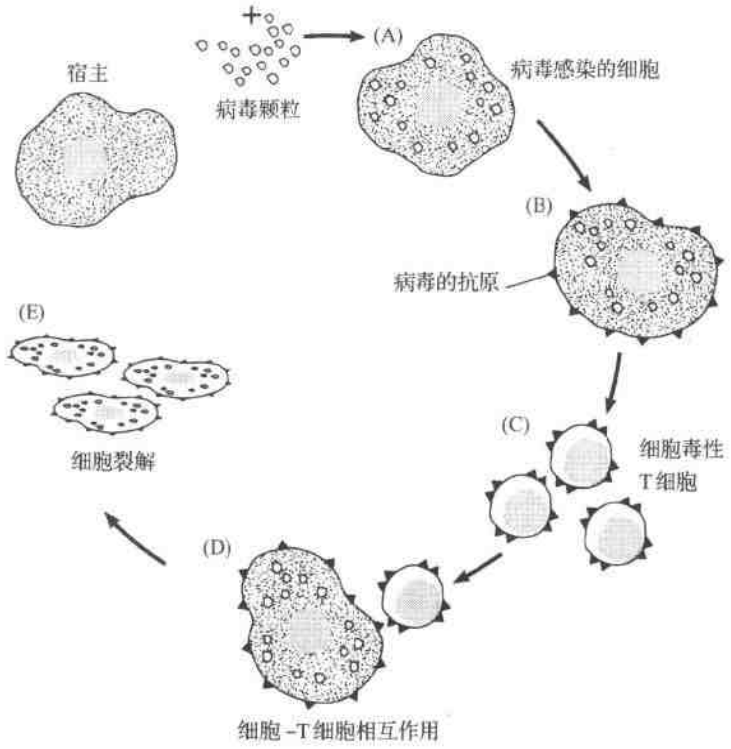


图 16-5　细胞介导免疫。宿主细胞受到病毒颗粒侵蚀。(A)受病毒感染的细胞在细胞质中累积病毒颗粒;(B)来自病毒的抗原在感染细胞的表面展现,某些感染细胞被吞噬和抗原转运至免疫系统;(C)在免疫系统中,抗原刺激产生细胞毒性 T 细胞,T 细胞表面的分子与病毒的抗原互补;(D)细胞毒性 T 细胞回到感染部位的原处和被病毒感染的细胞发生特异性相互作用;(E)受感染的细胞经过破坏(裂解)完成免疫过程。

16.50　哪些细胞受细胞毒性 T 细胞攻击?

细胞毒性 T 细胞可与机体内各类微生物细胞和其他外源细胞结合。例如,它们可与真菌和原生动物细胞结合,这些微生物的免疫大部分是依据细胞毒性 T 细胞的活性。这些细胞也与抑制病毒感染的机体细胞以及肿瘤细胞和移植细胞反应。比较起来,抗体一般与细菌、病毒、血液中的外源分子和半抗原结合。

16.51　抑制性 T 细胞的功能是什么?

抑制性 T 细胞(suppresser T cell)避免抗体过量产生和细胞毒性 T 细胞过分活动。尽管机制不清楚,抑制性 T 细胞功能被认为是通过抗体介导免疫和细胞介导免疫,阻抑(衰减)免疫应答。假如这些应答不被控制,那么免疫系统可引起机体细胞和组织中实质性的组织损伤。

16.52　B 细胞和 T 细胞中有记忆性因子吗?

一旦免疫应答完成,通过 B 细胞和 T 细胞产生一系列**记忆细胞**(memory cell)。记忆性 B 细胞保留在淋巴组织中。在抗原进入机体时,它们开始产生大量的抗体。比较起来,记忆性 T 细胞分布于全身的组织和器官中。当抗原进入机体时,细胞通过 CMI(细胞介导免疫)引起立即免疫应答。因此,机体通过免疫系统"记忆"原始的刺激和对感染及疾病继续有免疫性是与记忆性 B 细胞和记忆性 T 细胞有关的。

16.53　疫苗如何促使 B 细胞引起免疫性?

在疫苗中,利用无害的物质注射入机体刺激抗体介导免疫。这样产生的抗体将在血流中循环,并且待将来出现病原体时与之相互作用。记忆细胞也通过免疫系统产生,在病原体进入机体时,它们通过另外的方法产生抗体。

16.54　B 细胞和 T 细胞以外的其他淋巴细胞也有免疫功能吗?

除了 B 细胞和 T 细胞之外,有一类淋巴细胞称为**自然杀伤细胞**(natural killer cell,即 NK 细胞)。这些淋巴细胞缺少表面受体部位。抗原刺激机体产生 NK 细胞,尤其是某些肿瘤细胞或被病毒感染的细胞可以使机体产生这种 NK 细胞,NK 细胞能够去抑制和杀伤某些肿瘤细胞或被病毒感染的细胞。但是 NK 细胞如何去杀伤这些细胞的还知道得很少。

16.55　初次免疫应答与再次免疫应答之间差别是什么?

初次免疫应答与再次免疫应答是抗体进入血液中产生的。**初次应答**(primary response),抗体水平足够高去抑制特异的抗原,通常使疾病痊愈。该机体以后再次受到同样抗原刺激,发生**再次应答**(secondary response)。某些情况下,抗体水平远超过初次应答所达到的水平。再次应答产生这样高的抗体应答以致于疾病病症很少发生,微生物未能在机体内定居,被驱赶出体外。

16.56　初次与再次应答和接种疫苗是怎样的关系?

第一次注射疫苗时,产生的抗体类似于初次应答,也就是说,机体中产生了一个中等高水平的抗体。当强化注射或第二次注射所给同样疫苗时,抗体达到异常高的水平,成为再次应答,于是产生了更高抗体水平的保护。为此,疫苗的**强化注射**(booster injection)被推荐采用规则的间隔方法。图 16-6 所示为现在普遍采用的现代注射枪。

图 16-6　注射疫苗给受体所使用的现代空气驱动注射枪。

16.57　什么阻止免疫系统对抗自身机体的细胞?

人类有一种称为**免疫耐受性**(immunolgical tolerance)的特性。这就意味着机体学会耐受它们自身,并且不对自身的抗原引起免疫应答。虽然耐受性尚未完全阐述明白,似乎是当细胞可以应答的最后阶段,机体组织麻痹了。麻痹如此长,继续遍及全身,机体识别自身物质,只对外源物质视为**非自身**(nonself)应答。在某些个体中,对自身的耐受性破除了,称为**自身免疫病**(autoimmune disease),即机体免疫系统产生了对抗自身细胞的免疫物质。类风湿性关节炎(rheumatoid arthritis)和系统性红斑狼疮(systemic lupus erythematosis)就是自身免疫病的例子。

16.58　机体中免疫过程变成有活性是从什么时候开始的?

虽然新生儿有能力去应答某些抗原,但直到婴儿 6 个月,完全的免疫应答还不存在。在这之前,婴儿接受的抗体来自母亲的循环。这些抗体逐渐消失,由儿童的抗体置换。因为他生命的最初 6 个月,婴儿依赖于其母亲的抗体。

16.59　在机体循环中抗体有寿命吗?

抗体如上所述,是蛋白质分子。它们或者通过分泌离开机体,或者在机体中被酶降解为分解的蛋白质。大多数抗体分子的平均寿命大约 25 天左右。需要持续的抗原刺激以保持抗体应答,因为抗原消失刺激消失。最初刺激产生的抗体能在血流中保持 25 天,25 天后大约一半抗体消失了,再隔 25 天剩余抗体的一半又消失了……。在某些情况下,抗体水平足够维持一个个体的余生,特别是从疾病痊愈之后。这就是为什么一个人在遭受一场疾病之后,保留了对这一疾病的免疫性。

复　习　题

是非题　判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则替换划线的词进行更正。

__ **1.** 完整的皮肤是机体可用的免疫性防御机制的一部分。
__ **2.** 眼泪和唾液中破坏革兰氏阳性菌细胞壁的酶是溶酶体。
__ **3.** 抗体分子是由球蛋白类型的糖类组成的。
__ **4.** 机体的免疫应答直接指抗原上称为表位的小化学分子。
__ **5.** 当刺激 T 细胞时,一种称为抑制性 T 细胞的 T 细胞亚群也产生了。
__ **6.** 机体中的抗体主要是由称为血清细胞的细胞分泌的。
__ **7.** 当一个人通过注射疫苗获得抗体时,这种方式产生的免疫称为天然获得被动免疫。
__ **8.** 区分一个个体巨噬细胞是否属于该个体的分子称为MHC(组织相容性抗原分子)。
__ **9.** 在许多变态反应中起作用的抗体是 IgE。
__ **10.** 初次免疫应答是在抗原第一次进入机体时发生的。
__ **11.** 免疫应答的功能细胞出现在脾脏和心脏中。
__ **12.** 机体吞噬作用所包括的主要细胞是淋巴细胞。
__ **13.** 人工自动免疫在注射来自其他个体的抗体后获得。
__ **14.** 由个体的解剖学的、生理学的、生物化学的和遗传学的特性而形成的免疫称为天然免疫。
__ **15.** 作为抗原去刺激免疫系统的小分子称为免疫原。
__ **16.** 抗体介导的免疫性取决于T 淋巴细胞的活性。
__ **17.** 免疫球蛋白这个名称是另一种抗原的表达方式。
__ **18.** 最大的抗体分子,是由 5 个单体结合而成的IgD。

__19. 细胞毒性T细胞通过分泌胃蛋白酶损伤含抗原的细胞。
__20. 当疫苗被注射至机体时，它诱导T细胞变成活性。
__21. 人类不能对抗其自身成分呈现免疫应答，这个事实表现的是免疫耐受性概念。
__22. 大多数抗体分子的平均寿命是25年。
__23. 新生婴儿中，完全的免疫应答不存在，直到婴儿大约一岁。
__24. CMI(细胞介导免疫性)指的是人体中B细胞的活性。
__25. 在B细胞膜表面，作为受体部位的抗体是IgE。
__26. 在克隆选择过程中，选出B细胞转化成细胞毒性T细胞。
__27. 当T细胞成熟时，T细胞在甲状腺被修饰过。
__28. 主要组织相容性复合体分子存在于个体细胞的表面。
__29. 当一个人与疫苗接触，通过形成抗体来应答，就发生了天然获得自动免疫。
__30. 免疫系统是机体防御的一种特异性机制。

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 所有下述作用表现了机体防御的非特异性机制，除了(　　)之外。 (a)在呼吸道捕获颗粒的黏膜 (b)胃酸 (c)IgM (d)吞噬作用
2. 发热可在机体中完成下列所有反应，除了(　　)之外。 (a)加速血液流至感染部位 (b)增加机体细胞的代谢效率 (c)增加吞噬效率 (d)刺激B细胞识别抗原
3. 先天免疫的一个例子是(　　)。 (a)用一个个体疫苗的免疫应答 (b)狗细胞没有人免疫缺陷性病毒受体的位点 (c)细胞介导免疫反应 (d)注射抗体至血液
4. 下列哪一种说法对抗体是正确的，(　　)。 (a)它们也称为免疫球蛋白 (b)它们由T细胞产生 (c)它们由蛋白质构成 (d)它们存在5种不同形态
5. 抗体分泌在机体的腔中如消化道的是(　　)。 (a)IgD (b)IgA (c)IgG (d)IgE
6. 单核细胞和中性粒细胞是参加(　　)的重要细胞。 (a)抗体产生 (b)穿孔蛋白(穿孔素)产生 (c)被动免疫 (d)吞噬作用
7. 所有下列特征都是溶菌酶的真实特性，除了(　　)之外。 (a)在眼泪和唾液中发现 (b)它是一种酶 (c)它是一种抗体类型 (d)它破坏革兰氏阳性菌的细胞壁
8. 在组织中发现但不在血液中发现的吞噬细胞是(　　)。 (a)浆细胞 (b)巨噬细胞 (c)中性粒细胞 (d)嗜碱细胞
9. 先天免疫的对立面是(　　)。 (a)被动免疫 (b)获得性免疫 (c)T细胞免疫 (d)吞噬作用
10. 小分子作为抗原功能是不好的，(　　)。 (a)因为它们不黏附到吞噬细胞上 (b)因为它们不具有抗原表位 (c)因为它们不进入血流 (d)因为它们是非特异性防御部分
11. T细胞起源于(　　)的干细胞。 (a)肝 (b)骨髓 (c)甲状腺 (d)消化道
12. 机体器官中富含成熟T细胞和B细胞的是(　　)。 (a)脑和脊髓 (b)肝脏和胆囊 (c)小肠和大肠 (d)脾脏和淋巴结
13. 所有基本的抗体分子由(　　)构成。 (a)4个多糖 (b)4个肽链 (c)4个酶分子 (d)4个ATP分子
14. 每一个抗体分子中，有一个能定位为(　　)。 (a)高能区域 (b)稳定区和可变区 (c)ATP活性区 (d)抗原表位
15. 免疫耐受性的概念可解释(　　)。 (a)人类为什么不对自身产生免疫应答 (b)为什么个体对小分子设置免疫应答 (c)为什么T细胞和B细胞不同 (d)为什么B细胞成熟的位置不固定
16. 婴儿抗体最初的6个月(　　)。 (a)从食物中接受 (b)从他们的母体中获得 (c)从环境中获得 (d)从免疫系统细胞中产生

17. 细胞毒性T细胞能与(　　)结合。　(a)细菌和病毒　(b)称为表位的小分子　(c)真菌和原生动物的细胞　(d)人类的组织细胞

18. 补体系统是(　　)引起的一系列的暴发反应。　(a)吞噬作用　(b)T细胞的活动　(c)抗体的活动　(d)大量外源分子的活动

19. 众所周知,IgE参加(　　)。　(a)吞噬细胞反应　(b)被动免疫反应　(c)变态反应　(d)网状内皮系统的反应

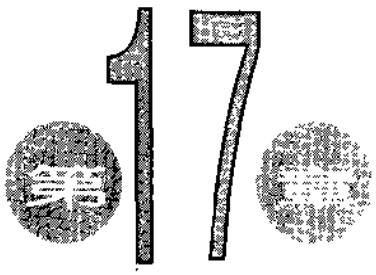
20. 人体中B细胞成熟的部位(　　)。　(a)是在胸腺　(b)是在脑和脊髓　(c)还未确定　(d)是在扁桃体和腺状体

填空题　在下面各句中用适当的词或词组填空[①]。

1. 在胸腺中成熟的免疫系统的细胞是_____。
2. 巨噬细胞、单核细胞和其他吞噬细胞构成机体的一个系统,在当代文献中称为_____。
3. 一个婴儿从其母亲处接受抗体的获得性免疫类型是_____。
4. 当免疫应答时,有抗原表位分子和另一个称为_____分子的识别。
5. 所有抗体分子都是由有机化合物称为_____构成的。
6. 抗体分子上抗原-抗体发生反应的区域是_____。
7. 分泌于母乳中的抗体并且通过喂养传递的是_____。
8. 当细胞毒性T细胞与带有抗原的细胞结合时,T细胞的酶损伤细胞在_____上。
9. 已知T细胞与肿瘤细胞和移植组织的细胞反应,而机体细胞遭受_____感染。
10. 已知抗体激活一系列反应,结果使微生物表面穿孔,是由_____活性引起的。

(林稚兰 译)

① 原文缺11题。——译者注



免疫学检验和免疫失调

内　容

几种类型实验室的免疫学检验可用于微生物疾病的诊断。本章将概括其中的多数。免疫系统发育异常造成机体许多免疫功能失调。本章将概述某些免疫失调。本章内容是：

1. 叙述血清学免疫检验的根据及解释凝集反应和沉淀反应的试验原理。
2. 说明在进行血清学试验之前实验室中分离抗体的方法。
3. 概述补体结合试验、免疫荧光试验和 ELISA(酶联免疫吸附测定)试验的理论基础。
4. 陈述免疫缺陷性疾病的两个例子并阐明其机制。
5. 识别超敏反应的特征和定义及解释四种不同类型的超敏反应。
6. 说明与过敏反应和变态反应相联系的重要的细胞、介质和症状。
7. 输血反应所表现的细胞毒性超敏反应特征并讨论输血的免疫学基础。
8. 叙述延迟超敏反应特异的特性和机体几例超敏反应的陈述。

原理和问题

17.1　为什么免疫试验可在微生物学中应用?

许多疾病可以通过对免疫系统所产生的抗原或抗体的检测来证实其是否存在。免疫试验就是为这些目的而设计的。它有助于医生了解病人身体疾病的情况和疾病持续了多长时间。

血清学试验

17.2　免疫学检验和血清学试验相同吗?

免疫学检验也称为**血清学试验**(serological test)。因为一般试验的材料采用血清作为样品。**血清**(serum)是血中除去细胞的成分。它通常含有血清学试验中所检测的抗原或抗体。

17.3　血清学试验有定性的或定量的试验吗?

血清学试验是定性的试验或者是定量的试验。定性的血清学试验可用已知抗原检测未知抗体，也可用已知抗体来检测未知抗原。定量血清学试验测量抗原或抗体的浓度。定量试验，通过抗原或抗体水平是否升高或下降，帮助监控疾病的进程。

17.4　有多少类血清学试验?

有六类基础的血清学试验应用于医学微生物学中。它们是凝集试验、沉淀试验、补体结合试验、免疫荧光试验、放射免疫测定和酶联免疫吸附测定。

17.5　凝集试验的基本原理是什么?

凝集试验(agglutination test)是血清学试验，其中粘连于大颗粒上的抗原分子，与病人血清样品结合。假如血清中含有互补的抗体，它将与大颗粒(如细胞或乳胶微球)上的抗原结合，并

出现凝集团的现象或肉眼可见的凝集颗粒。图 17－1 所示为用肉眼观察时反应出现的状况。

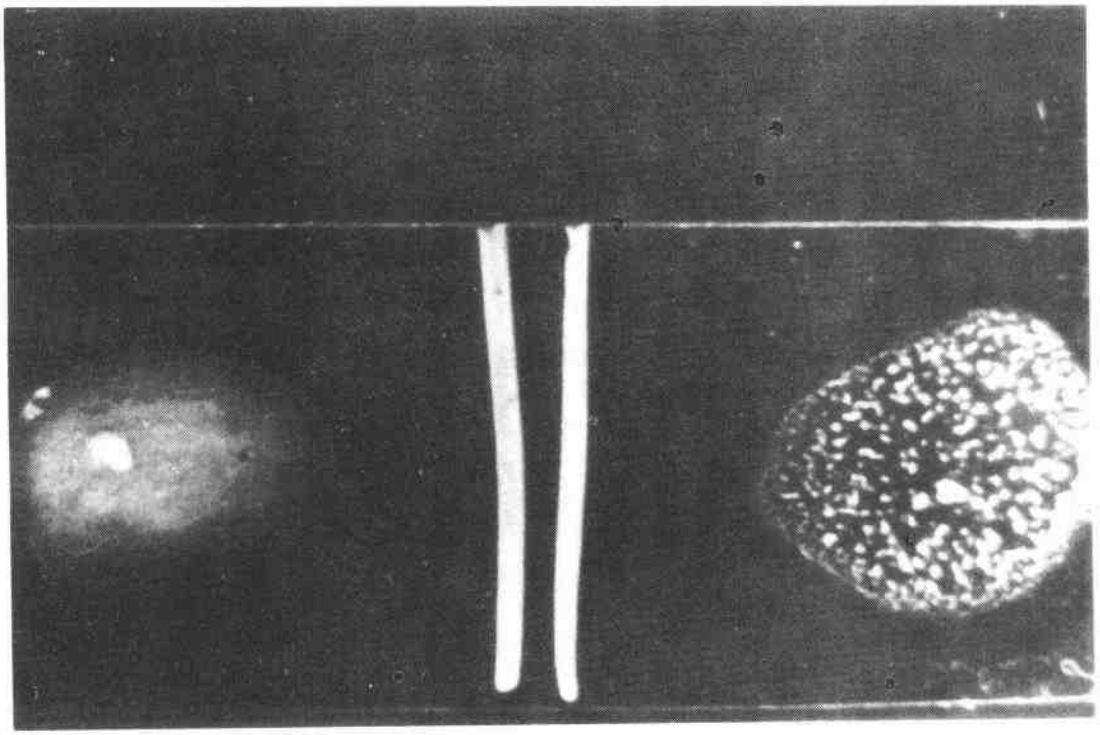


图 17－1　凝集试验的照片。左侧：因为抗原、抗体还没有混合，凝集现象还未出现。右侧：凝集现象产生了大颗粒。在这种情况下，互补的抗原抗体存在，聚集的细胞是红细胞。

17.6　所有的凝集试验都是直接试验吗？

当抗原是大分子如红细胞或细菌的一部分时，大多凝集试验是**直接试验**(direct test)。例如，当伤寒杆菌与伤寒抗体混合时，抗体分子攻击杆菌表面的抗原，并且使杆菌形成大的肉眼可见的凝集颗粒。凝集试验也可以是**间接试验**(indirect test)。在这种情况下，抗原或抗体人工的吸附在乳胶微球①表面。当用一个适当的抗原或抗体混合时，乳胶微球参加反应形成肉眼可见的凝集现象。

17.7　血清学中凝集试验有些什么例子？

凝集试验用于检测伤寒和脓毒性咽喉炎。它们也是血型鉴定和输血前检测血的基础。凝集试验也用于检测沙门氏菌属的一些种和许多其他的病毒和细菌病原。

17.8　凝集试验怎样用于定量检测？

应用凝集试验定量测定，病人的血清样品(含有抗体)在一系列试管中进行多倍稀释。然后用标准量的抗原加至每一个试管。表现出凝集反应的最高稀释度倍数即病人血清中抗体的**滴度**(titer，亦称效价)。效价可以 1∶32、1∶100 或 1∶640 表示。

17.9　凝集试验和沉淀试验间有什么差别？

凝集试验和沉淀试验间的基本差别是**沉淀试验**(precipipation test)没有细胞或大的颗粒参加反应，而是抗原、抗体分子彼此反应，在试管中形成肉眼可见的凝聚物和网状的沉淀物的现象。

① 聚苯乙烯乳胶微球。　—译者注

17.10 免疫学中哪些检测利用沉淀试验?

沉淀反应可以在液体或凝胶中进行。当在液体中进行时,可溶性的抗原放在小试管中,于抗原上层的表面小心加入可溶性的抗体[①]。抗原和抗体分子相互移动,在两层液面交界处形成沉淀环。这就是**双向扩散乌丁氏试验**(double-diffusion Oudin test,亦称**双向扩散奥登沉淀试验**)。小的样品可用凝胶试验,抗原和抗体的溶液分别加到琼脂凝胶制备的加样孔上。通过扩散,抗原抗体从加样孔出来,当它们结合时出现沉淀环。假如抗原和抗体并不匹配,在试管和凝胶板中看不到沉淀的痕迹,这就是**乌赫特朗尼氏试验**(Ouchterlony test,即乌赫特朗尼氏凝胶双向扩散试验)。

17.11 沉淀试验进行之前,混合物中的一系列抗体能分开吗?

一个称为**电泳**(electrophoresis)的方法用于从抗体混合物中分离抗体。该方法是利用**电**场上电流使分子大小不同的抗体[②]分开。一旦抗体分子已经分开,在抗体混合物的旁边加上抗原分子,不同的抗体、抗原分子彼此电泳迁移,当相遇结合时,可看到沉淀带出现。

17.12 补体结合试验所强调的基本原理是什么?

补体结合试验(complement fixation test)是一个复杂的免疫学的方法,其中抗原-抗体复合物与补体系统"结合"。补体系统是血液中的一系列蛋白质,可与微生物表面的抗原-抗体"完全"反应[③]。这样通过检测补体是否被结合,就可知道是否该系统中抗原-抗体分子彼此反应了。

17.13 在血清学实验室中补体结合试验怎样进行?

补体结合试验从收集血清开始,假定血清中含有某种抗体。血清与其互补的抗原结合,如果抗原与血清中的抗体互补,抗原-抗体复合物将形成。现在,加入已定量的补体。假如抗原-抗体反应发生,该抗原-抗体复合物将与补体结合(与补体反应)。现在再加入指示的溶液。这个指示溶液由红细胞构成,而且含有可以裂解指示溶液中的红细胞的抗体。假如补体在抗原-抗体反应中被用尽了,在红细胞的抗体存在的情况下,红细胞不会被裂解,保持完整。然而,假如第一次混合时抗原-抗体与补体的反应并未发生,则补体仍然可利用。则此游离的补体就可与红细胞发生结合,裂解抗体使红细胞破裂[④]。因此,通过观察试管中是否存在红细胞,可测定出第一部分试验时抗原-抗体反应是否发生,以及病人血清中是否具有可疑的抗体。

17.14 诊断微生物学中补体结合血液试验应用广泛吗?

补体结合试验操作是困难的,需要许多不同的复杂体系和较多时间。但是,它是灵敏度很高的试验,它能用于检测各种细菌、病毒、真菌和其他微生物。在这个方法中,通过第一部分试验所使用的不同的抗原,可以检测许多不同的抗体。

17.15 免疫荧光试验基本原理是什么?

免疫荧光试验(immunofluorescence test)是另一种现代的血清学的微生物学方法。在此试验中,抗体用荧光染料标记,当荧光标记抗体与物体反应时,可观察到物体。在直接免疫荧光试验中,荧光标记抗体与载玻片上待检测的微生物结合。假如抗体位于微生物的相应抗原

① 使之成为分界清晰的两层。——译者注

② 泳动速度不同。——译者注

③ 补体可与任何抗原抗体复合物相结合,形成抗原抗体与补体的复合物。——译者注

④ 溶血素(抗体)与红细胞(抗原)发生特异结合成为复合物,游离补体与红细胞和溶血素的复合物发生结合,从而使红细胞破裂。——译者注

周围，它们与抗原结合，荧光染料将会累积。当载玻片放在紫外光下测试时，染料将会激发荧光，可鉴定出微生物。

17.16　免疫荧光试验能用于鉴定抗体和抗原吗？

免疫荧光试验可直接用于检测血清样品中存在的抗体。进行这项试验，必须采用结合另外一个抗体的抗体来进行。第一个抗体通过给动物如兔注射人的抗体得到。这个动物把此抗体作为抗原形成新的抗体去对抗它。所以动物形成的这种抗体称为人的抗-抗体。然后将这个抗-抗体用荧光染料标记，与待检测血清样品结合。假如血清中的抗体与标记的抗-抗体发生结合，那么血清中的抗体就能够鉴定，因为抗-抗体是完全已知的。

17.17　放射免疫试验的根据是什么？与免疫荧光试验比较怎样？

放射免疫试验(radioimmunoassay test)中的抗体用放射性的分子标记，而不是用荧光分子标记。然后放射性的抗体分子与带有可疑微生物的抗原结合。假如抗体与微生物表面的抗原分子发生反应，放射性将会累积于表面。可通过显示仪测定放射性。放射性若存在，表示相应的抗原抗体已经结合和存在可疑的微生物。

17.18　叙述酶联免疫吸附测定(ELISA)的原理。

酶联免疫吸附测定(enzyme-linked immunosorbent assay，ELISA test)，是利用抗体与酶结合而不是与荧光染料或放射性物质结合。当酶与其底物结合时，它裂解底物并产生颜色变化，通过比色仪或显示仪观察颜色变化。ELISA 法用于直接法或间接法检测抗体。

17.19　实验室中直接 ELISA 法怎样进行？

在直接的 ELISA 试验中，酶标抗体与含有互补抗原的待检微生物结合。反应混合后，加上酶催化的底物。假如抗体与微生物表面的抗原结合，酶分子聚集，当底物加入时，酶分子催化分解底物，产生颜色反应。有颜色反应表示有待检的抗原和待检的微生物存在。

17.20　在诊断方法中间接 ELISA 法怎样进行？

间接 ELISA 试验是检测病人血清中是否存在某种特定抗体的方法。该试验如图17-2所示。塑料颗粒用抗原包裹与待检测血清样品结合，假如血清中含有特异的互补抗体，它们与塑料颗粒表面特异抗原反应。然后上述塑料颗粒与酶联的抗-抗体一起保温。假如待检的抗体在塑料颗粒表面存在[①]，酶将聚集。加入该酶的底物，底物分解颜色改变，阳性试验表示有待检抗体。假如颜色没有改变，试验表明病人待检测血清样品中不存在待检抗体。用这种方法可进行临床诊断。

免疫失调

17.21　免疫失调(immune disorder)的特征是什么？

有几种失调可追溯到免疫系统缺陷或免疫系统功能障碍。免疫系统发育缺陷是因为免疫系统中的任一组成部分缺陷，而功能障碍是由于免疫系统作用伤害机体而引起的。

17.22　免疫缺陷疾病的两个病例是什么？

免疫缺陷疾病一个例子是**德乔治序列征**(DiGeorge's syndrome)。有这种病征的人胸腺未能发育，T细胞不能形成。没有T细胞，对真菌、原生动物和感染细胞的病毒的疾病有高度

① 酶联抗-抗体便与已吸附的抗体抗原复合物结合。－ 译者注

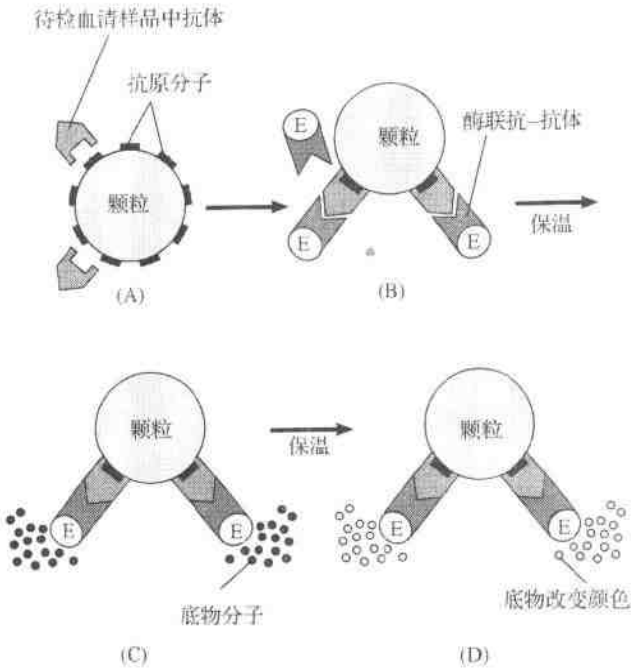


图 17-2　ELISA 试验间接法。(A)塑料颗粒用抗原分子包裹并与待检测含有抗体分子血清样品结合，抗原抗体发生反应；(B)酶联抗-抗体分子加到塑料颗粒上，若发生反应，酶分子聚集；(C)酶底物分子加至混合物中；(D)因为酶分子已经聚集，与底物分子发生反应，底物分子变色。颜色改变表明原来待检测血清样品中存在有待检抗体。

敏感性[②]。这种人不能启动细胞介导免疫[③]。另一个免疫缺陷疾病例子是 **Bruton 氏无丙种球蛋白血症**(Bruton's agammaglobulinemia)。有这种病征的人不能形成 B 细胞。没有 B 细胞就不能制造抗体。这些患者对细菌感染极其敏感，通常都是急性严重感染。

17.23　Bruton 氏无丙种球蛋白血症与个体的哪些基因有关系?

Bruton 氏无丙种球蛋白血症看来似乎是与两个性染色体之一的 X 染色体缺陷有关。因此，它是性连锁(伴性的)的疾病。男性中一般更普遍，但基因通过女性携带。

17.24　免疫缺陷疾病与人类干细胞有关吗?

B 细胞和 T 细胞两者均最终从骨髓称为造血干细胞分化而来。当干细胞缺少或缺陷时，个体不能形成 B 细胞和 T 细胞。这种情况大家都知道的是**重症联合免疫缺陷**(severe combined immunodeficiency disease，SCID)。一般需将患者限制在一个灭菌的塑料气室中，因为他们不能启动免疫防御以对抗任何抗原。

17.25　有哪些免疫缺陷疾病影响吞噬细胞?

有一种吞噬细胞免疫缺陷疾病称为**切东二氏综合征**(Checiak-Higashi disease)。这种病中，微生物被吞噬后，吞噬细胞的溶酶体不能与微生物结合。因此由吞噬作用破坏微生物的能力严重减低了。这种病人一般趋向于被细菌和病毒感染。

① 酶联抗-抗体分子与已吸附的抗体抗原复合物结合。——译者注

② 表现为严重感染。——译者注

③ 细胞免疫缺陷。　译者注

17.26　免疫缺陷疾病能由体外病原微生物引起吗?

获得性免疫缺陷综合征(acquired immune deficiency disease，AIDS)的情况说明体外的一个病原微生物能够破坏免疫系统。人免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus，HIV)破坏T细胞，机体对体内原生动物、真菌、癌细胞和其他外源细胞刺激反应能力低下。由于细胞介导免疫(CMI)低下，这些微生物常引起病人严重疾病和死亡。

17.27　超敏反应是什么?超敏反应在机体如何发生?

超敏反应代表免疫失调的第二种类型。**超敏反应**(hypersensitivity)追溯到免疫系统的免疫反应功能障碍。超敏反应是指一个抗原进入机体时引起免疫应答反应过强。免疫应答平常总是减弱抗原的，但在超敏反应情况下，免疫反应造成机体损伤。

17.28　机体中的超敏反应怎样分类?

超敏反应分为四个主要类型：Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型和Ⅳ型超敏反应。各型超敏反应差别很大，根据其各自的过程而分型①。

17.29　Ⅰ型超敏反应特征是什么?

Ⅰ型超敏反应也称为**速发型超敏反应**(immediate hypersensitivity)，因为机体中发生的反应几乎是立即的。假如指整个机体，称为过敏反应 (anaphylaxis)，假如指机体局部区域，称为变态反应 (allergy)。

17.30　在Ⅰ型速发型超敏反应中是哪种抗体起功能作用?

Ⅰ型超敏反应中起功能作用的抗体是IgE。该抗体是由抗原如青霉素分子、霉菌孢子、某些食物、花粉粒和灰尘颗粒刺激浆细胞和B细胞产生的。当抗体产生时，释放至血流中。

17.31　当Ⅰ型速发型超敏反应产生IgE时发生了什么?

IgE一旦释放至血流中，随血液循环与肥大细胞和嗜碱性粒细胞的表面结合。**肥大细胞**(mast cell)是位于全身结缔组织的细胞，**嗜碱性粒细胞**(basophil)是血管中循环的白细胞②。在正常条件下，机体中IgE不与肥大、嗜碱性粒细胞表面受体结合③。但已经特异抗原致敏的机体与相应的抗原第二次相遇时，因IgE抗体与肥大、嗜碱性粒细胞发生过不正常的、增强的免疫反应，从而使机体对相应抗原的敏感性更加增强④。

17.32　在嗜碱性粒细胞和肥大细胞中什么时候反应将会发生?

将来的某个时间，当人再一次接触同样的抗原时发生反应。这时抗原与IgE分子在细胞表面结合。触发嗜碱性粒细胞和肥大细胞脱颗粒，释放生理活性物质如组胺(histamine)、5-羟色胺(serotonin)、杀白细胞素和其他物质。这些物质称为介质(mediator)。

17.33　组胺和其他介质对机体有什么影响?

从肥大细胞和嗜碱性粒细胞释放的介质如组胺引起机体胃平滑肌收缩。这种收缩能引起支气管扩张、消化道痉挛和血管收缩。这些收缩可导致荨麻疹、呼吸道的危险、消化道的痉挛、

---

① 根据超敏反应发生的机制和生物学效应而分型。——译者注

② IgE Fc片段与肥大、嗜碱性粒细胞表面受体结合，IgE Fab片段与特异抗原如青霉素结合，触发肥大、嗜碱性粒细胞脱颗粒、释放活性介质，引起致敏反应。—— 译者注

③ 已免疫的机体与相应抗原相遇时，可立即将相应的抗原排除，使机体不受损伤。——译者注

④ 造成机体损伤或功能障碍。 —译者注

皮肤的肿胀和其他变态反应的症状。该反应概括于图 17-3。

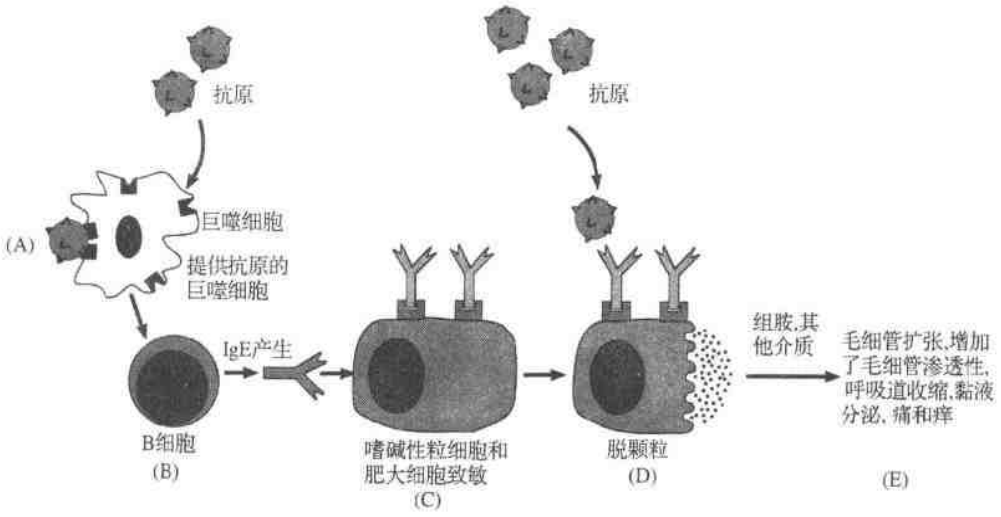


图 17-3 变态和过敏反应。(A)抗原通过吞噬细胞被吞噬进入机体,提供给 B 细胞;(B)B 细胞产生 IgE,IgE 进入循环;(C) IgE 分子的 Fc 片段与嗜碱性粒细胞和肥大细胞表面受体结合并致敏它们;(D)在以后的时期,抗原重返机体与 IgE 分子在细胞表面反应,细胞经过脱颗粒,释放各种介质;(E)介质诱导胃平滑肌收缩并引起许多变态反应(局部的)或过敏反应(全身的)的症状。

17.34 过敏反应和变态反应间的差别是什么?

当介质如组织胺释放到机体的全身时,引起机体全身收缩,接着引起有生命危险的凶兆,称作**过敏反应**。支气管的关闭几分钟之内能引起窒息和死亡。当反应在局部发生时,称为**变态反应**,并不出现生命危险的情况。

17.35 当患者遭受过敏反应或变态反应时能做什么?

在患者处于过敏反应或变态反应中时,有几件事情可以做。例如,注射肾上腺素,将稳定肥大细胞和嗜碱性粒细胞,并阻止其进一步释放颗粒。肾上腺素也将刺激心脏并使某些其他症状缓解。给抗组胺药物,能减少组胺的释放。使用平滑肌的松弛剂,能抵消平滑肌的收缩。使用可的松可减少肿胀。

17.36 当变态季节时如何用"变态注射"预防变态反应的发展?

可进行变态注射,以预防变态反应。变态注射是由各种稀释的抗原溶液构成的。溶液中的抗原渐渐消除致敏性的肥大细胞和嗜碱性粒细胞,以至于当变态季节来临时,机体中上述两种细胞不多,所以变态反应不太严重。也由于变态注射中的这些抗原诱导形成了阻断抗原与 IgE 作用的抗体。这些抗体称为**封闭性抗体**(blocking antibody)。

17.37 Ⅱ型超敏反应与Ⅰ型超敏反应比较有什么区别? Ⅱ型超敏反应的某些明显特征是什么?

Ⅱ型超敏反应(tape Ⅱ hypersensitivity)与Ⅰ型超敏反应不同,因为Ⅱ型超敏反应参加的抗体成分是 IgG。没有Ⅰ型超敏反应的肥大细胞和嗜碱性粒细胞,但包括补体系统。Ⅱ型超敏反应也称为细胞**毒型超敏反应**(cytotoxic hypersensitivity)。这是因为Ⅱ型超敏反应时抗体

侵蚀机体细胞，导致补体系统活化[①]。造成补体系统的元件侵蚀，引起细胞破坏[②]。

17.38　细胞毒型超敏反应的一个例子是什么?

细胞毒型超敏反应的例子是一种称为**血小板减少**(thrombocytopenia)的疾病。在这种情况下，抗原如药物分子进入机体，机体的抗体与抗原应答。抗体侵蚀了机体中的血小板，补体系统被活化，补体被结合到细胞的表面，血小板被破坏。由于血小板被破坏，机体形成血凝块能力减低，凝血时间延长和机体组织出血。

17.39　细胞毒型超敏反应还有其他例子吗?

还有另外一种情况称为**粒性白细胞缺乏症**(agranulocytosis)。在这种情况下，机体形成抗体对抗进入机体的抗原。抗体与中性粒细胞结合，它们活化了补体系统。由于破坏了中性粒细胞，机体的吞噬能力减低。从而解除了机体重要的防御功能。

17.40　为什么输血反应是细胞毒型超敏反应的一个例子?

输血反应(transfusion reaction)作为细胞毒型超敏反应的一个典型，是因为抗体侵蚀入的细胞，激活了补体系统并破坏了它们。例如，一个有 B 型血的人在他的红细胞上带有 B 抗原，血清中有抗 A 抗体。相反，A 型血的人在红细胞上带有 A 抗原，血清中有抗 B 抗体。假如 B 型血的人做为供体，输血给 A 型血的人，那么进入接受者的红细胞表面有 B抗原，接受者血清中有抗 B 抗体。这些抗体将会与供血者进来的抗原反应，反应结果释放补体系统，引起红细胞破坏和凝块反应导致死亡。所以，B 型血不能输血给 A 型血的人，因为将会发生Ⅱ型细胞毒型超敏反应。

17.41　假定 AB 血型个体愿意献血给 O 型血的接受者可以吗?

AB 型血的个体红细胞表面有 A 抗原和 B 抗原，但血清中没有抗 A 或抗 B 抗体。接受者是 O 型血，其红细胞表面没有抗原，但其血清中有抗 A 和抗 B 抗体存在。如果进行输血，进入细胞的 A 抗原将与抗 A 抗体反应，进入细胞的 B 抗原将与抗 B 抗体反应，将会发生细胞毒型超敏反应，破坏红细胞，面且接着严重凝血和死亡。

17.42　假定供血者是 O 型血，接受者是 AB 型血，输血能进行吗?

在这种情况下，供血者在红细胞上既没有 A 抗原也没有 B 抗原。接受者血清中既没有抗 A 抗体也没有抗 B 抗体。因此，进入的红细胞没有抗原，接受者血清中没有相匹配的抗体。所以，输血可以顺利进行。

17.43　不同血型输血给不同的个体是通常的惯例吗?

必须首先考虑确定两种血型是否适当。所述情况只在 ABO 系统中存在但并不意味着不加区别地混杂血型。然而，在极端应急的情况下，可以允许用混杂的血型，只要供血者红细胞的抗原与接受者血清中的抗体经过全面检测。极其重要的是应避免抗原与其匹配的抗体混合。

17.44　在细胞毒型超敏反应中 Rh 抗原有何重要性?

Rh 抗原(或 Rh 因子)是大多数个体红细胞中的另一种抗原，也许超过 85%。有这些抗原被认为是"阳性"血。如 A 型阳性或 O 型阳性。由于这种抗原细胞毒型超敏反应在成年人中

---

① 抗体与细胞膜表面抗原或吸附于细胞表面的抗原结合，引起补体系统活化。——译者注

② 造成补体系统的元件中的补体、中性粒细胞、巨噬细胞、K 细胞(killer cell，即杀伤细胞，通过抗体介导而发生杀伤作用)受损，引起靶细胞破坏。—— 译者注

并不认为重要，但在新生婴儿中，超敏反应能导致新生儿溶血病(hemolytic disease of the newborn)的发生。

17.45　新生儿溶血病是怎么引起的?

当 Rh 阳性男子(如血型 A^-)与 Rh 阴性女子(如血型 A　)结婚，有 75%可能(3∶1 机会)后代将是 Rh 阳性(如血型 A^+)。当怀孕时，危险降至最低限度，但分娩时，新生儿的一些血可进入母亲血中。当这种事情发生时，母亲的免疫系统将会应答 Rh 抗原而产生 Rh 抗体。但是，Rh 抗体将不影响婴儿，因为他已经出生了。

17.46　什么时候 Rh 抗体对儿童造成危险?

假如以后怀孕产生另一个 Rh 阳性胎儿(如血型 A^-)，则 Rh 抗体可以横穿过胎盘(与母亲的其他抗体一道)进入胎儿的血液。这样，抗体将侵蚀胎儿红细胞的表面 Rh 抗原。这种侵蚀将引起红细胞的破坏，细胞毒型超敏反应可能使新生儿致死。这就是**新生儿溶血病**。

17.47　新生儿溶血病还有其他名字吗?

在一些解剖学和生理学书中，新生儿溶血病也称作**胎儿成红细胞瘤**(erythroblastosis fetalis)，亦称胎儿有核红细胞增多症。这是因为未成熟的红细胞称为成红细胞，在儿童的血中去代替通过细胞毒型超敏反应被破坏的红细胞。这种疾病也称为 **Rh 病**(Rh disease)。见图 17-4 所示。

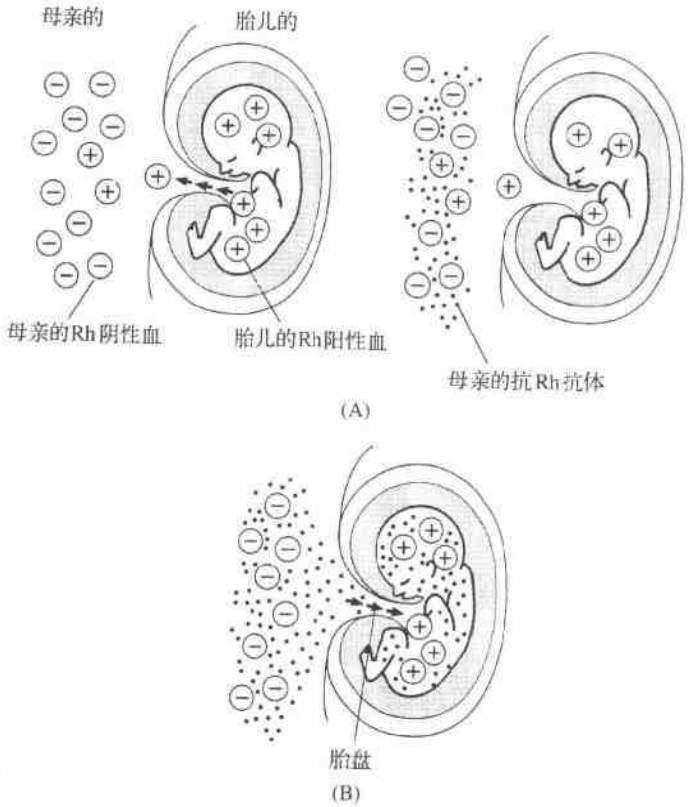


图 17-4　新生儿溶血病。(A) Rh 阴性妇女怀孕带 Rh 阳性胎儿。在分娩时，一些新生儿的红细胞带着 Rh 抗原进入母亲血流。母亲的免疫系统通过产生抗 Rh 抗体来应答。但是，这对婴儿没有危险，因为他已经出生了；(B)以后该妇女又怀孕带有另一个 Rh 阳性胎儿。当胎儿发育时，抗 Rh 抗体可以通过胎盘屏障进入胎儿血流，并且侵蚀红细胞上的 Rh 抗原。这种侵蚀导致红细胞破坏和疾病症状。在第一次婴儿分娩后立即给产妇 Rh 抗体药，可阻止这种可能性发生。

17.48　如何预防新生儿溶血病?

预防新生儿溶血病,重要的是阻止母亲的免疫系统形成 Rh 抗体。这能够通过在第一次婴儿分娩之后给产妇短期注射 RhoGAM[①]。RhoGAM 含有 Rh 抗体。这些抗体与来自婴儿血的 Rh 抗原结合,中和 Rh 抗原。当 Rh 抗原被中和了,它们将不能刺激母亲的免疫系统,而她也将不会产生 Rh 抗体。因此,当第二次怀孕时,将不会有任何 Rh 抗体去干扰胎儿的血。如果每次她都分娩一个 Rh 阳性孩子,第二次分娩之后,她仍必须注射 RhoGAM。

17.49　Ⅲ型超敏反应典型病征是什么?

Ⅲ型超敏反应(type Ⅲ hypersensitivity)包括形成免疫复合物。当可溶性抗原分子与可溶性抗体分子反应时,形成**免疫复合物**(immune complex)。抗体和抗原分子以大的晶格方式结合。晶格由抗原、抗体分子互锁组成,形成的凝聚团块如此大,以至于能看到。这个团块就是免疫复合物。它激活补体系统,补体系统引起局部组织坏死。

17.50　免疫复合物对机体某些器官造成什么影响?

免疫复合物能在机体各种器官形成,包括皮肤、关节和肾脏。当免疫复合物在皮肤中形成时,引起一种称为**系统性红斑狼疮**的状态。这种状态的典型特征是皮肤上蝴蝶皮疹和血丰富的器官如肾脏和脾脏组织损伤。在关节中,免疫复合物能引起称为**类风湿性关节炎**的状况。

17.51　细菌性的疾病与免疫复合物有关系吗?

与免疫复合物有关的一种疾病是**细菌性心内膜炎**(hacterial endocarditis)。患这种病时,链球菌的抗原和链球菌的抗体形成免疫复合物,并且与心脏瓣膜结合。瓣膜组织坏死引起心脏血流量减少,心内膜炎病症发生。在其他病例中,免疫复合物在肾脏组织中形成,引起尿量减少的**肾小球性肾炎**(glomerulonephritis)。

17.52　血清病中表现的超敏反应是什么类型?

血清病(serum sickness)是Ⅲ型免疫复合物型超敏反应的典型。当给人注射抗血清以防止或治疗如破伤风病菌感染时,血清病便发生了。在此情况下,抗血清通常是由动物生产的,血清中存在的抗原刺激机体形成抗体。当抗原与抗体结合时,便形成了免疫复合物。

17.53　Ⅳ型超敏反应的典型特征是什么?

Ⅳ型超敏反应(type Ⅳ hypersensitivity)也称为**迟发型超敏反应**(delayed hypersensitivity)。这是因为抗原与免疫系统产物结合后,几小时或几天超敏反应才发生。Ⅳ型超敏反应的例子中,没有抗体。代替的是细胞介导免疫参加反应。T 细胞包括在反应中。图 17-5 所示为结核菌素皮试反应,是迟发型超敏反应的一个例子。

17.54　诊断医学中Ⅳ型超敏反应有什么用处吗?

结核菌素皮肤试验(tuberculin skin test)是Ⅳ型迟发型超敏反应的一个例子。当一个人已经与结核杆菌接触或已经经过结核病免疫接种,机体全身便分布了致敏 T 细胞(包括皮肤)以示应答。在结核菌素皮肤试验中,一种称为 PPD 的结核制剂(纯化的蛋白质衍生物)浅层注射进皮肤。致敏的 T 细胞与抗原反应,几小时之中,注射部位变成红色和加厚。在两至三天内,反应达到高峰,并且明显表现出这个人在过去某个时间已经与结核病的抗原接触过。在注射部位由于巨噬细胞的聚集造成组织坏死。

---

① 抗 Rh γ 球蛋白。——译者注

图 17-5 阳性结核菌素皮肤试验的照片，显示Ⅳ型迟发型超敏反应的结果。这个个体以前已经有与结核杆菌抗原接触的经历。

17.55 其他Ⅳ型超敏反应的例子是什么?

其他Ⅳ型超敏反应的例子是**接触超敏反应**(contact hypersensitivity)。反应是由于与有毒植物的常春藤抗原反应的结果。机体产生致敏 T 细胞以应答常春藤抗原，致敏 T 细胞与常春藤抗原反应，出现皮肤隆起和痒条痕的**有毒的常春藤**(poison ivy)的特征。

17.56 接触超敏反应还有其他例子吗?

接触超敏反应通过变态反应表现也是明显的，即个体对金属如某些珠宝业中的镍，或某些皮革制品业和服装印染业中的铬盐，或除臭剂的铝盐或其他物质表现的变态反应。许多例子中，抗原和 T 细胞间的反应通过产生**硬结**(induration)，使皮肤隆起、加厚来显示。甲醛和福尔马林产品也产生Ⅳ型超敏反应。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 用于诊断微生物学的血清学试验是检测(　　)。 (a)血中存在抗原或抗体 (b)是否细菌存在鞭毛 (c)是否受试个体血清中含有红细胞 (d)是否机体组织中有侵袭的原生动物和真菌
2. 血清学中应用的凝集试验的一个例子是其中(　　)。 (a)当裂解时可溶的细胞砸开了 (b)在细菌中病毒繁殖 (c)观察者看到凝块 (d)机体的B细胞减少许多
3. 待检个体的滴度代表(　　)。 (a)机体组织中存在的抗原量 (b)病人血清中抗体的量 (c)细菌细胞中存在的鞭毛数目 (d)真菌中形成的孢子数目
4. 在抗体的混合物中为了分离抗体,实验室的技术员可以用称为(　　)的方法进行。 (a)输血 (b)补体结合 (c)电泳 (d)基因放大
5. 补体结合试验的最后结论,取决于(　　)。 (a)观察者是否见到红细胞已遭破坏 (b)观察者是否见到已形成的沉淀团块 (c)是否细菌已突变为抗性类型 (d)是否已形成接触超敏反应
6. 免疫荧光试验能用于鉴定(　　)。 (a)蛋白质分子和多糖分子 (b)脂类分子和核酸分子 (c)抗体分子和抗原分子 (d)细胞质分子和细胞壁分子
7. 在酶联免疫吸附测定(ELISA试验)所需要的一个成分是反应由(　　)产生。 (a)一个真菌和一个原生动物 (b)补体物质 (c)放射性同位素 (d)一个酶
8. 在酶联免疫吸附测定(ELISA)终结时(　　)。 (a)产生了放射性 (b)看见了凝块反应 (c)细胞经过裂解 (d)发生了颜色改变
9. 检测伤寒和脓毒性咽喉炎以及血型利用的血清学试验称为(　　)。 (a)沉淀反应 (b)电泳 (c)凝集反应 (d)补体结合
10. 血清学试验可用于(　　)。 (a)区分原核生物和真核生物 (b)检测传染病的存在 (c)血中形成氯化钠的检定 (d)检测是否毒血症在发展
11. 德乔治疗列征(Digeorge's syndrome)是一种疾病其中(　　)。 (a)B细胞不能形成 (b)于细胞不能形成 (c)T细胞不能形成 (d)Bruton氏丙种球蛋白血症发生
12. Ⅰ型超敏反应也称为(　　)。 (a)过敏性反应 (b)凝集反应 (c)输血反应 (d)接触超敏反应
13. (　　)结婚,其后代容易形成溶血症。 (a)Rh阳性的男子和Rh阳性的女子 (b)Rb阳性的男子和Rh阴性的女子 (c)Rh阴性的男子和Rh阳性的女子 (d)Rh阴性的男子和Rh阴性的女子
14. 细菌性心内膜炎和肾小球形肾炎是与形成(　　)相联系的。 (a)补体系统 (b)血中有放射性颗粒 (c)免疫复合物 (d)ELISA(酶联免疫吸附测定)反应
15. 结核菌素皮肤试验是(　　)的一个例子。 (a)Ⅳ型迟发型超敏反应 (b)变态反应 (c)沉淀反应 (d)血清病
16. IgE抗体和肥大细胞及嗜碱性粒细胞表面结合是(　　)。 (a)接触超敏反应 (b)免疫荧光试验 (c)电泳 (d)速发型超敏反应
17. 血小板减少症,机体中减少的是(　　)。 (a)抗体的水平 (b)血小板 (c)凝集伤寒抗体的能力 (d)形成接触超敏反应的能力
18. 在应急情况下,一个A型血的接受者可接受从供血者是(　　)血型的人来输血。 (a)A或者B (b)B或者O (c)A、B或O (d)A或者O
19. 在应急情况下,一个B型血的人可以供血给血型为(　　)的接受者。 (a)B或O (b)AB或A (c)A或O (d)AB或B

20. 为了防止怀孕期间发生新生儿溶血病，Rh 阴性妇女分娩产生一个 Rh 阳性婴儿时，在分娩后不久将接受(　　)注射。 (a)Rh 抗原 (b)A 和 B 因子 (c)Rh 抗体 (d)O 型血

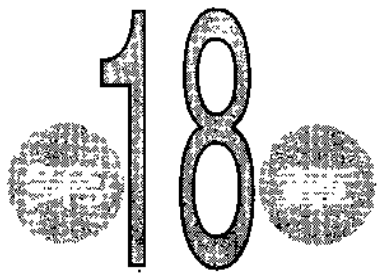
匹配题 从 B 栏中选出最适合的血清学试验特征与 A 栏项目配对。

A 栏	B 栏
__ 1. 需要红细胞	(a) 凝集试验
__ 2. 试验终结时颜色改变	(b) 沉淀试验
__ 3. 在凝胶中进行	(c) 补体结合试验
__ 4. 用于检测沙门氏菌属	(d) 免疫荧光试验
__ 5. 需要指示溶液	(e) 放射免疫试验
__ 6. 采用紫外光	(f) 酶联免疫吸附测定
__ 7. 放射性检测	
__ 8. 试验中有两个性质截然不同的部分	
__ 9. 乌赫特朗尼氏试验(Ouchterlony test)	
__ 10. 用于测定滴度(效价)	

是非题 判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则在句前写“F”。

__ **1.** 凝集试验只能用于为定量检测的直接试验。
__ **2.** 电泳的方法利用电流去区分大小不同的抗体分子并分离它们。
__ **3.** 假如在补体结合试验开始存在的抗原与抗体互补，在试验终结时红细胞将被裂解。
__ **4.** 酶联免疫吸附测定(ELISA)推荐的是放射免疫，因为 ELISA 试验利用放射性检测抗原和抗体。
__ **5.** 在免疫荧光试验中，抗体用荧光染料标记，在载玻片上与待检的微生物结合以进行直接测定。
__ **6.** 补体结合试验是微生物学中应用血清学的相当简单的方法。
__ **7.** 在凝集试验中，观察者看到出现的凝集颗粒。
__ **8.** 在沉淀试验中，细胞和大的颗粒参加反应和凝集在一起。
__ **9.** 双向扩散乌丁氏试验利用沉淀反应做为基础。
__ **10.** 免疫荧光试验可用于检测抗体及抗原。
__ **11.** 在 Brutos 氏无丙种球蛋白血症状态下，机体不能形成 T 细胞。
__ **12.** 切东二氏综合征(Chediak-Higashi disease)，一种免疫缺陷症，影响机体吞噬细胞。
__ **13.** 变态反应是一种遍及全身的，而过敏反应只是局限在机体的局部区域。
__ **14.** 变态注射的目的是变态季节发生前，消除机体中致敏淋巴细胞。
__ **15.** 血小板减少症是超敏反应的一个类型，其中 IgE 侵蚀肥大细胞和嗜碱性粒细胞。
__ **16.** 假如一个 A 型血的人输血给 AB 型血的人将会发生可能的致命输血反应。
__ **17.** 当一个 Rh 阳性男子与一个 Rh 阴性女子结婚，其后代有可能 100%是 Rh 阳性。
__ **18.** 在形成系统性红斑狼疮病中，免疫复合物形成是基本的特征。
__ **19.** 结核菌素皮肤试验是Ⅳ型迟发型超敏反应的典型，并用来测定是否待检人员以前与结核杆菌接触过或有结核病免疫接种经历。
__ **20.** 细胞毒型超敏反应是枯草热(hay fever)，亦称花粉气喘，或其他普通变态反应包括组胺在机体释放的典型原因。

(林稚兰 译)



皮肤和眼部的微生物疾病

内　容

皮肤一直都暴露在环境中，因此皮肤病是人类最常见的疾病。本章讨论微生物引起的皮肤和眼睛的疾病。本章的内容有：

1. 熟悉各种由葡萄球菌引起的疾病。
2. 认识链球菌不同的型，及其引起的疾病。
3. 描述由病毒引起的各种痘疾病的症状。
4. 概述由疱疹病毒引起的皮肤病。
5. 阐述用于水痘、麻疹和风疹的疫苗的免疫生物制品的实质。
6. 确定癣病这种真菌性皮肤病的症状。
7. 认识由白假丝酵母引起的各种疾病。
8. 概述结膜炎、淋球菌结膜炎、沙眼和角膜炎等眼部的微生物性疾病。

原理和问题

细菌性疾病

18.1　为什么葡萄球菌经常与皮肤感染有关？

葡萄球菌是革兰氏阳性球菌，直径约 0.5～1.0μm 。它们排列成不规则葡萄串状并经常和皮肤表面接触。长期以来，葡萄球菌已适应了皮肤表面环境，并进化成皮肤表面的寄居者。

18.2　哪些葡萄球菌会导致皮肤病？

有两种主要葡萄球菌：金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌（*S. epidermidis*）。**金黄色葡萄球菌**表现出**凝固酶阳性**（coagulase-positive），形成金黄色菌落。该球菌的凝固酶可使纤维蛋白凝固以深入到组织，防止病原菌被吞噬。病原体也产生毒素，干扰生理过程。例如，**杀白细胞素**破坏白细胞，**剥脱性毒素**（exfoliative toxin）引起烫伤皮肤综合征，**肠毒素**（enterotoxin）引起肠道壁蠕动痉挛。表皮葡萄球菌凝固酶阴性，生长在皮肤表面，一般不是病原体。但当皮肤屏障遭破坏，如刀口、伤口或医疗手术时，这种菌就能引起皮肤疾病。

18.3　葡萄球菌引起何种类型的皮肤病？

有多种葡萄球菌性皮肤病。头皮毛囊感染导致**毛囊炎**（folliculitis），也称为**丘疹**（pimples）。眼睫毛基部的感染会引起**麦粒肿**（sty）。葡萄球菌引起的脓汁填满的伤口称为**疖**（boil），或者**脓肿**（abscess），也称为 furuncle（疖）。增大的伤口，特别是在脖子上的称为**痈**。痈硬、圆、深，并且能深入到皮肤以下组织。

18.4　葡萄球菌与脓疱疮有关吗？

脓疱疮（impetigo）可能是葡萄球菌引起的高度接触传染性的有脓的皮肤感染，在儿童中

很普遍，但成人中不常见。它可由皮肤接触传染，也会由无生命的物品如器具和玩具传染。链球菌也引起这种皮肤病。

18.5 由葡萄球菌引起的烫伤皮肤综合征有何独特之处？

烫伤皮肤综合征（scaled skin syndrome）伴有全身性的软水疱。水疱蜕皮后留下大的烫伤样区域。这种病症是由葡萄球菌产生的毒素引起的。治疗此病常需使用大剂量抗生素，此病常伴有高烧和大量的葡萄球菌侵入血液。

18.6 何种疾病与葡萄球菌毒素有关？

与毒素有关的众所周知的葡萄球菌性疾病之一是**中毒性休克综合征**（toxic shock syndrome）。此病在 20 世纪 70 年代后期盛行，此病的突然蔓延与使用高吸水性止血塞有关。中毒性休克综合征伴有高烧、血压突然降低（休克）和类似于晒斑的皮疹。另一症状是皮肤特别是手上的皮肤蜕皮（图 18－1），输血能减轻症状，大多数病例与留在伤口内部用于吸收液体的材料有关。另一与毒素有关的疾病是**葡萄球菌性食物中毒**（staphylococcal food poisoning），它是食物中葡萄球菌产生的肠毒素引起的（第 21 章）。

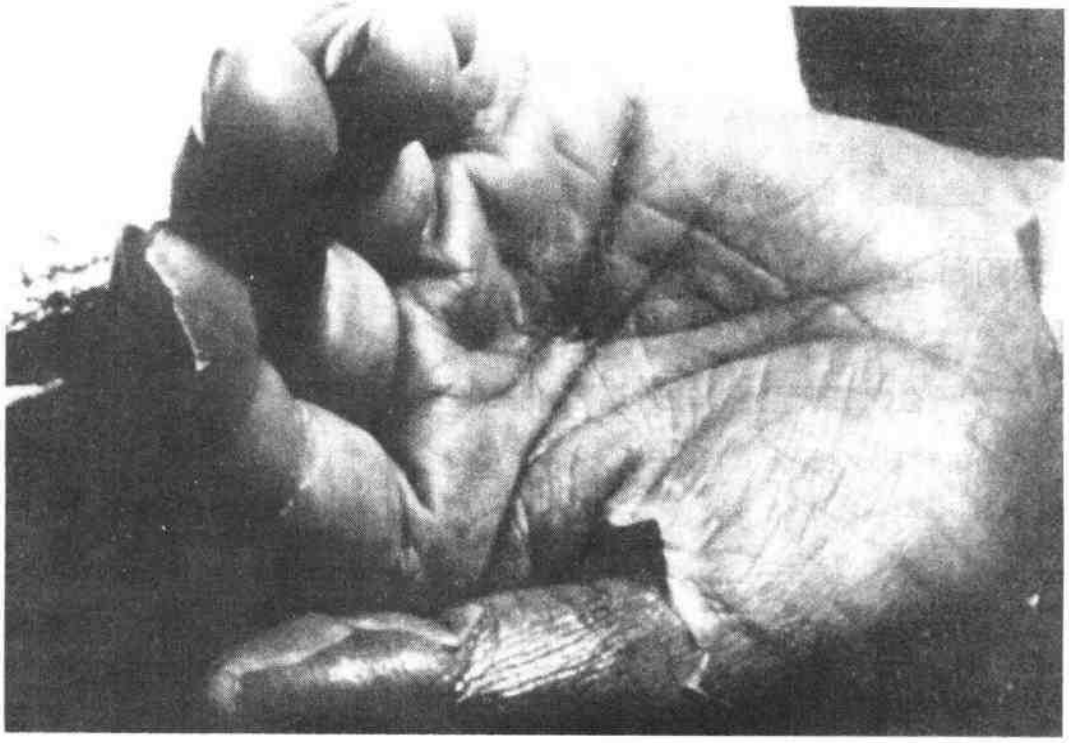


图 18－1 中毒性休克综合征常伴随的皮肤蜕皮。

18.7 链球菌也能像葡萄球菌一样产生毒素吗？

链球菌是革兰氏阳性的呈链状排列的球菌。某些菌株能产生毒素，特别是**红斑毒素**（erythrogenic toxin），产毒素的菌株通常属于酿脓链球菌。当此菌进入血流后，其毒素就会产生引起皮肤变红症状的**猩红热**。

18.8 当链球菌不产生红斑毒素时，它能在血液中增殖吗？

虽然有些酿脓链球菌菌株不产生红斑毒素，却也能引起严重的疾病。**脓毒性咽喉炎**就是这类疾病，此病尽管没有皮肤症状，却能引起血液和呼吸道的严重问题。由飞沫传播，一般推荐用抗生素治疗。

18.9 链球菌产生溶血素吗?

链球菌是最著名的**溶血素**产生菌,溶血素是一系列能破坏红细胞的毒素。如果红细胞的破坏导致细胞完全溶解,这种链球菌就称为**β-溶血链球菌**(*beta-hemolytic streptococci*);如果红细胞部分被破坏,这种链球菌就称为**α-溶血链球菌**(*alpha-hemolytic streptococci*);如果因没有毒素产生,红细胞而未被破坏,这种链球菌就称为**γ-溶血链球菌**(*gamma-hemolytic streptococci*)。

18.10 划分链球菌还有其他方法吗?

除了以溶血性划分链球菌外,还可根据细胞壁表面抗原把链球菌划分为A、B、C、D,……,O族。A族链球菌是最具病原性的,包括引起皮肤感染的细菌。

18.11 "肉食"链球菌属于哪一族?

所谓的"肉食"链球菌属A族,这种链球菌感染皮肤下的筋膜,引起**坏死性筋膜炎**(necrotizing fasciitis)。此病会导致皮肤和筋膜损害,进入皮肤深层组织经常是因有伤口所致。

18.12 当链球菌侵入血流后,能产生毒素吗?

像葡萄球菌一样,链球菌也能产生毒素,引起**中毒性连锁综合征**(toxic strep syndrome)。像中毒性休克综合征一样,此病表现为血压降低、发热和皮疹。感染可能很严重,建议及时用抗生素及输液治疗。

18.13 丹毒是皮肤感染吗?

链球菌的感染称为**丹毒**(erysipelas),丹毒会感染皮肤的真皮。丹毒的特点是在感染部位边缘出现增厚、肿胀的红斑。感染通常是由链球菌产生的毒素引起的。古典文献中,丹毒称为圣·安东尼之火(St. Anthony's fire)。

18.14 链球菌感染皮肤有长期效应吗?

当人患有链球菌性喉咙痛或者链球菌性血液病时,机体内产生与链球菌发生抗原反应的抗体。有时抗原与抗体反应形成免疫复合物,它固定在心脏瓣膜或关节处。免疫复合物激活补体系统,引起组织损伤。发生在心脏瓣膜上称为**心内膜炎**;发生在关节上,就称为**类风湿性关节炎**;如果两个部位同时发生,就称为**风湿性心脏病**(rheumatoid heart disease)。

18.15 人类最常见的皮肤病是什么?

最流行的皮肤病大概要数痤疮(acne),也称**寻常痤疮**(acne vulgaris)。这种病是各种微生物生长在皮脂腺的分泌物中,使周围组织发炎,形成"黑头"(blackhead)。疮痘丙酸杆菌(*Propionibacterium acnes*)是最常见的引起痤疮的病原体。痤疮和脓疮是细菌感染的结果。

18.16 如何控制像痤疮这样的皮肤病?

经常用药物软膏清洗皮肤,可减少痤疮的症状并降低感染几率。有时医生建议使用四环素软膏消除细菌感染。另外一种叫做异维甲酸的药物能抑制皮脂的产生,但使用时可能伴随有肠道出血。

18.17 烧伤组织感染是皮肤感染吗?

当皮肤烧伤时,组织就为细菌感染创造了条件,特别是革兰氏阴性杆菌,铜绿假单胞菌。这种菌在烧伤组织上产生绿色荧光色素,是否感染可从是否存在这种色素而识别。如果不医

治，细菌产生的强毒素，侵蚀皮肤，可导致死亡。其他细菌有时也引起烧伤组织(burnt tissue)感染，如黏质沙雷氏菌和普罗威登斯菌属（*Providencia species*)的种。

病毒性疾病

18.18　疣是皮肤感染的疾病吗?

疣（wart)被认为是皮肤感染的疾病，因为多数情况下是病毒引起的。参与的病毒包括**乳头状瘤病毒**（papilloma virus)。病毒通过接触传播，特别是性接触，在生殖区域经常引起疣。疣与恶性肿瘤相比，是良性的，可以通过药物或手术等物理方法去除。

18.19　传染性软疣与疣如何比较?

传染性软疣（molluscum contagiosum)是由痘病毒引起的。传染性软疣病毒的外形呈盒子状，而乳头状瘤病毒是二十面体。传染性软疣的皮肤损伤呈粉红状，破裂时，溢出乳白色液体。而疣通常是薄壁水疱，溢出清亮的液体。

18.20　天花伴有皮肤损伤吗?

天花开始时会在皮肤表面长出称为**平疹**（macule)的粉红色斤疹，平疹发展成称为**丘疹**(papule)的红色损伤，它逐渐扩大而成为一个**小囊疱**（vesicle)的充满液体的小体(图18-2)。小疱发展成充满脓汁，并且裂开形成小疣突。这些小疣突遍布体表，通常非常严重，以致死亡。也有可能发生细菌二次感染。引起天花的病毒是含 DNA 的痘病毒，具有盒子状的外形。

图 18-2　天花患者的小囊疱。破裂后形成小疣突，痊愈后留下疤(痘)。

18.21　当今世界，天花仍然是一种严重的威胁吗?

自 1977 年以来，地球上再也没有天花发生。那年，随着世界上最后一例天花的报道，彻底消灭天花的世界性战役宣告结束。从那历史性的一年开始，再也没有检测出一例天花病，虽然有关天花病毒的报道一直保存在特定的实验室里。

18.22　有可能用免疫的方法抑制天花吗?

自从 1798 年 Edward Jenner 发现种牛痘预防天花以来，已可广泛采用对个体接种**牛痘**

(cowpox,或 vaccinia)的方法预防天花。牛痘病毒激活免疫系统产生抗体,与牛痘病毒以及天花病毒结合。这样就可以预防天花,使个体接触天花病毒时,不能发展成天花。

18.23　今天世界上还存在牛痘吗?

世界上仍然存在牛痘。牛痘病毒是含 DNA 的立方体形状的痘病毒。发病时,有轻微的皮肤损伤,淋巴结有些炎症。此病不严重,但大都发生在牛群中。

18.24　水痘被认为是微生物性的皮肤病吗?

水痘(chickenpox,亦称禽痘)是疱疹病毒科的疱疹病毒引起的病毒性疾病。此病是呼吸道飞沫传染,病毒穿过血流迁移并定居在皮肤上。引起组织破坏,皮肤的损伤类似泪滴。高度传染性液体充满在损伤部位,接触这种液体,很易感染此病。

18.25　水痘的皮肤损伤在全身同时出现吗?

水痘的皮肤损伤不是同时发生,在一段时间内分几批发生。经过大约 14 天的潜伏期后,第一批水痘损伤在头皮和躯干出现。以后新的一批长在四肢和脸上,偶尔嘴上和喉咙里也长。水痘的典型特征之一是皮肤损伤顺序产生。

18.26　水痘痊愈后,体内还存在水痘病毒吗?

疱疹病毒的特点之一是能在体内组织中存活。已知水痘病毒能在皮肤组织中的神经细胞中存活许多年。

18.27　带状疱疹与水痘有关吗?

带状疱疹(shingle)是一种疾病,也称为**带状疱疹**(herpes zoster)。初步确定带状疱疹是由于水痘病毒复活引起的,特别是潜伏在背根神经节上的病毒。病毒影响到皮肤的感觉神经,诱使皮肤的局部区域形成水疱。水疱经常在靠近腰部的部位形成,对触摸非常敏感,通常很疼。免疫系统失调的人更易患带状疱疹。

18.28　有用于治疗水痘或带状疱疹的药物吗?

近些年来,**无环鸟苷**药已用来限制水痘或带状疱疹。也能减轻其症状,但不能使用阿斯匹林,因为有引起雷伊氏综合征 (Reye's syndrome,即急性脂肪变性脑病)的可能。

18.29　儿童可以注射疫苗预防水痘吗?

1994 年,水痘疫苗获准可以普遍使用。疫苗是减毒的毒株,即是减弱的水痘病毒。疫苗注射给幼龄儿童,认为可以实现终身免疫,但还没有得到证实。

18.30　还有其他疱疹病毒能引起皮肤病吗?

大概最广为人知的疱疹病毒还要数**单纯疱疹病毒**。单纯疱疹病毒是疱疹病毒科二十面体的有包膜的 DNA 病毒。当它感染皮肤时,能引起**溃疡疮**(canker sore)、**唇疱疹** (cold sore)、**发烧水疱**(fever blister),外伤如太阳暴晒或情绪烦躁,容易触发这种皮肤感染。通常是Ⅰ型疱疹病毒参与。病毒也引起**疱疹性角膜炎**(herpetic keratitis)的眼部感染,以及引起**齿龈口炎**(gingivostomatitis)的咽喉感染。

18.31　引起生殖器疱疹和其他疱疹感染的是同一种病毒吗?

普遍认为Ⅱ型单纯疱疹病毒导致**生殖器疱疹**(genital herpes)的爆发。生殖器疱疹是在内或外生殖器形成一种薄壁的水疱。通过性交传播,生殖器疱疹病的复发很普遍。

18.32　用于治疗生殖器疱疹的药物是什么?

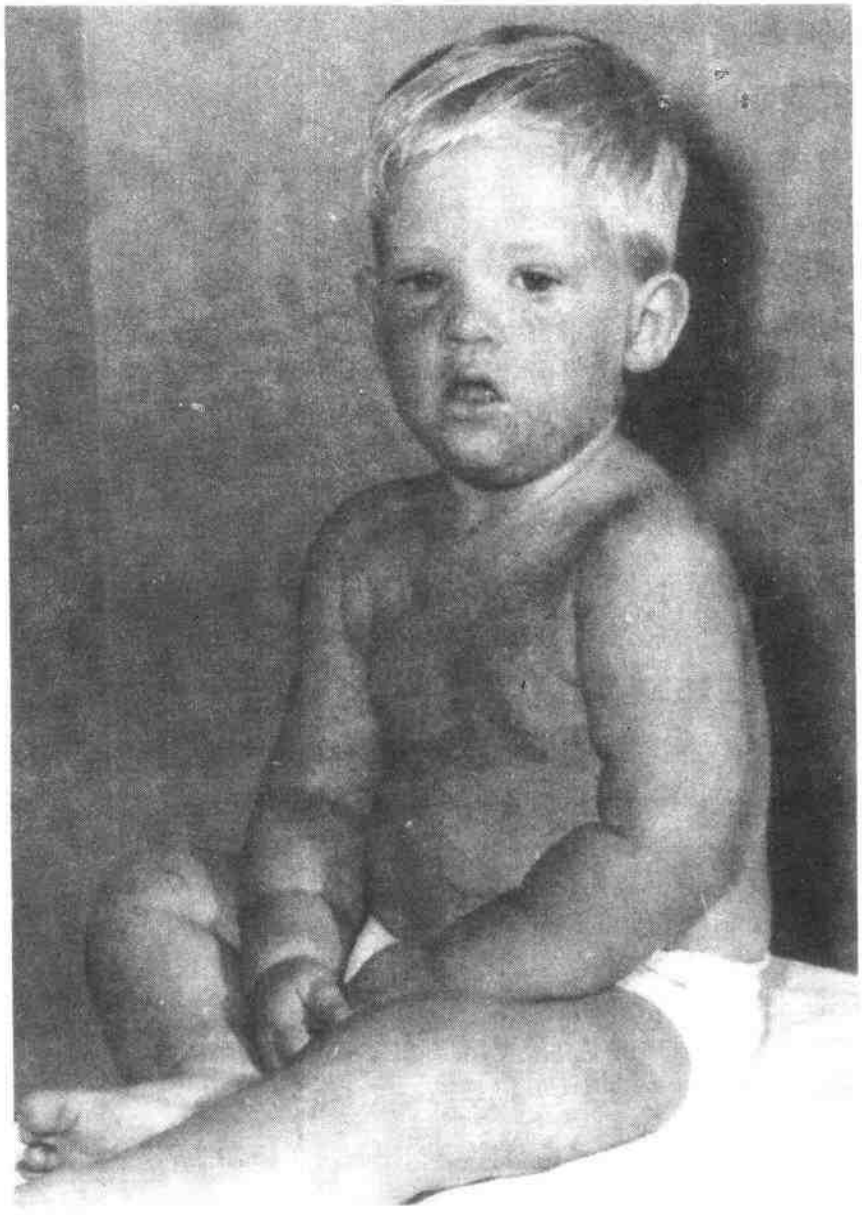
商业上的**无环鸟苷**治疗生殖器疱疹很有效。此药不能根治该病,但能延长病复发的间隔时间,并能减轻病症。无环鸟苷在寄主细胞质中干扰病毒 DNA 的合成。

18.33　单纯疱疹病毒能感染深层组织吗?

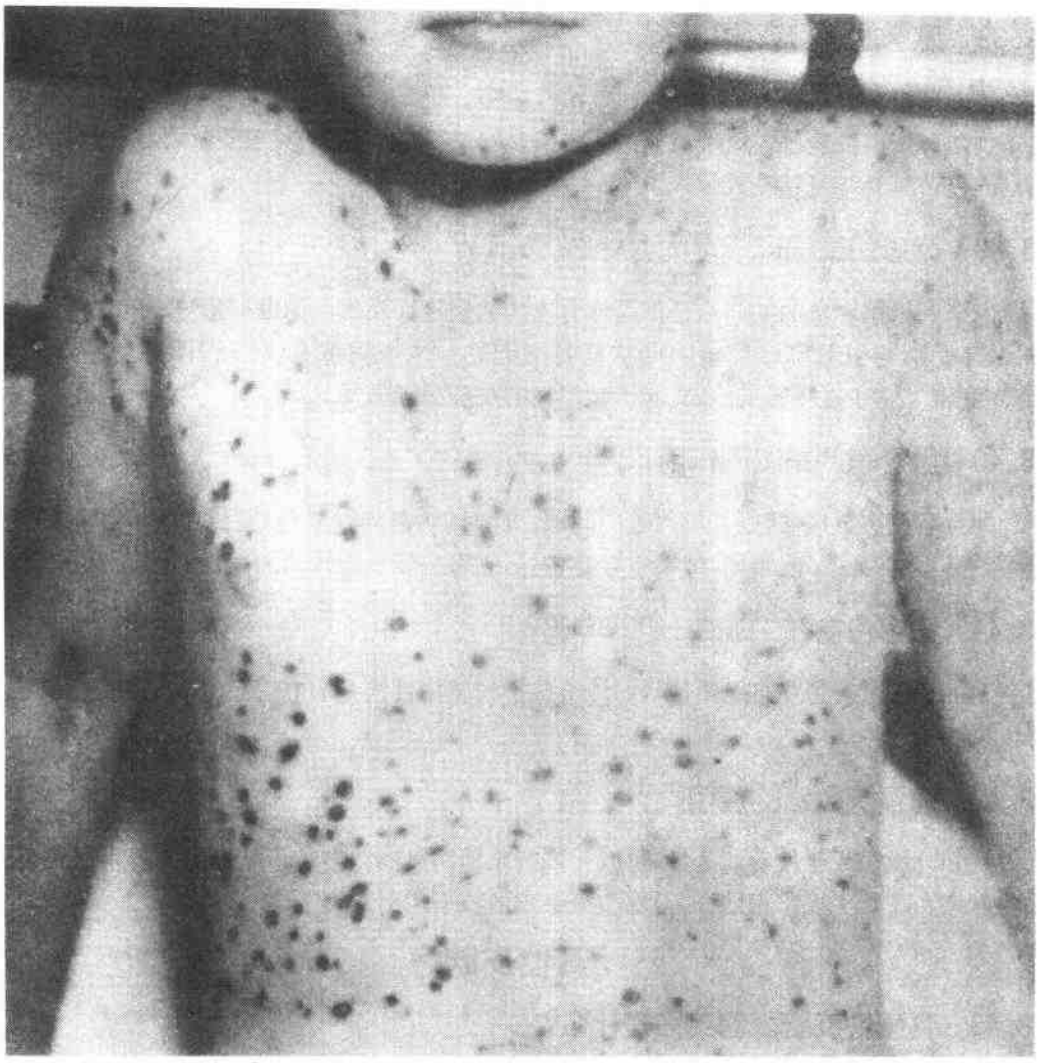
单纯疱疹病毒能感染神经系统细胞。因此,能引起大脑炎症,**脑炎疱疹**(herpes encephalitis)。无环鸟苷也适合治疗此病。

18.34　如果孕妇染上单纯疱疹,单纯疱疹病毒会传染给新生儿吗?

单纯疱疹病毒是一种能穿过胎盘并感染给胎儿的病原体,这种情况下,它能引起后代神经系统的感染,称为**新生儿疱疹**(neonatal herpes)。单纯疱疹病毒在 **TORCH** 组病中代表 H。是一种能穿过胎盘并感染胎儿的微生物性疾病之一,这个组的其他疾病包括弓形体病(toxoplasmosis,T)、风疹 (rubella,R)、巨细胞病毒(cytomegalovirus,C)及其他病毒病。



(A)



(B)

图 18-3　与麻疹(A)和水痘(B)有关的皮疹。麻疹皮疹更像一片片红斑块，而水痘是不连续的水疱。

18.35　麻疹是真正的皮肤病吗?

严格地说**麻疹**(measles)不是皮肤病，而是通过呼吸道传染的一种 RNA 病毒引起的呼吸道紊乱。但因为皮疹是麻疹的典型病征，误认为此病是微生物性的皮肤感染。麻疹皮疹在皮肤上呈红色。从前额开始，向上肢、躯干、下肢扩展。这种皮疹比水痘的水疱更具有扩散性。图 18-3 比较了各种皮疹。因为是红色皮疹，所以麻疹在英文中也称为 rubeola (**麻疹**)。

18.36　在麻疹发病早期有什么征兆吗?

麻疹一个有用的诊断特征是在靠近臼齿处，沿口腔黏膜出现 **Koplik 氏小红斑**(Koplik spot)，Koplik 氏小红斑是一种中间有小斑点的小红块。它出现在发热 2～3 天前和皮疹出现数天前。

18.37　麻疹有并发症吗?

麻疹可以同时并发中耳或呼吸道的肺部感染。有些病例有大脑炎症，**脑炎麻疹**(measles encephalitis)发生；在某些病例中，会发展成为神经系统的疾病，称为亚急性硬化性全脑炎(subacute sclerosing panencephalitis)。

18.38 麻疹能治疗或预防吗?

目前还没有有效的减轻麻疹症状或治疗指施。但是,可以注射含有 MMR 疫苗的减毒病毒来预防麻疹。虽然过去用于免疫的几种疫苗,只能产生有限的免疫效果,但可以相信最近研制出的疫苗具有终身免疫效果。

18.39 麻疹和德国麻疹之间有什么区别吗?

麻疹和德国麻疹的共同点是都是伴有皮疹的病毒性疾病。**德国麻疹**(German measle)也称**风疹**,是由与引起麻疹完全不同的病毒引起的。风疹病毒是披膜病毒科(Togviridae)的 RNA 病毒。它通过呼吸道传染,能引起较轻的皮疹和轻微发热。

18.40 风疹有严重的副作用吗?

如果孕妇患上风疹,则是较严重的问题。此时,病毒穿过胎盘,并感染发育中的胎儿。根据孕妇感染的时间早晚不同,效果也轻重各异,它可以发生在致命的眼部、耳朵和心脏。

18.41 风疹包含在 TORCH 组病中吗?

TORCH 组病是一组能通过孕妇传给孩子的感染性疾病。在 TORCH 组病中,R 表示病毒性风疹。

18.42 有预防风疹的疫苗吗?

从 20 世纪 60 年代后期开始,可以用疫苗来预防风疹。疫苗是减毒的病毒,它和 **MMR 疫苗**中麻疹和腮腺炎疫苗相结合,给出生第一年的孩子注射。

其他皮肤病

18.43 真菌性皮肤病的统称是什么?

真菌性皮肤病称为**皮肤真菌病**(dermatomycoses),即癣。其病原体称为**皮肤真菌**(dermatophytes)。真菌感染的统称是**真菌病**(mycosis)。

18.44 真菌性皮肤病的两种主要类型是什么?

真菌性皮肤病的病原体可以是皮肤上的真菌,也可以是皮下真菌。**皮肤真菌**(cutaneous mycoses)是指长在头发、指甲和皮肤外层的真菌,**皮下真菌**(*subcutaneous mycoses*)则穿过皮肤长在皮肤深层。

18.45 脚癣是哪种类型的皮肤病?

脚癣(athlete's foot)是**皮**肤性真菌病。病原体是小孢霉属(*Microsporum*)、发癣菌属(*Trichophyton*)和表皮癣**菌**属(*Epidermophyton*)的一些种。真菌侵入**脚**趾缝的皮肤里,引起干燥、鳞片状的病灶。那里的环境潮湿,病灶中充满液体,最后皮肤裂开并**蜕皮**,裂开的皮肤引起二次细菌性感染。

18.46 脚癣和头皮癣一样吗?

所有真**菌**性皮肤感染统称**癣病**(tinea disease)。另一类癣病中的一种是头癣(tinea capitis),它是一种头部的真菌病,称为**头皮癣**(ringworm)。真**菌**长在头皮里,引起圆圈状损伤,一度认为这反映了虫子的存在。图 18-4 所示为此病的病征。

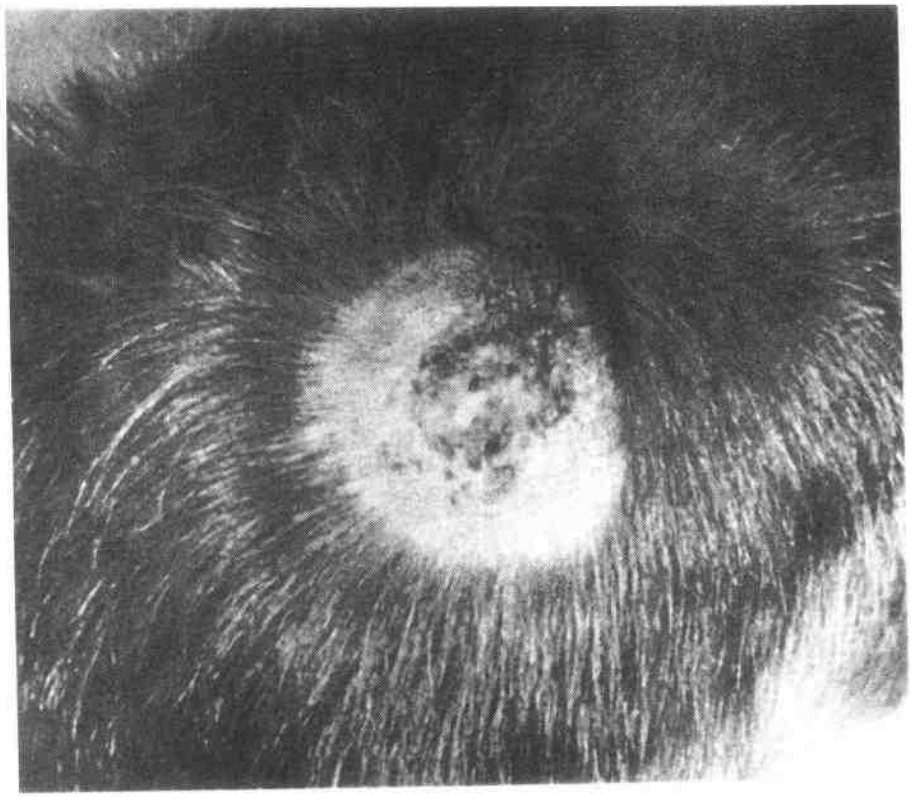


图 18-4　头皮癣的表型特征。

18.47　癣病是如何感染的?

有许多不同种癣病和许多不同的患上病的传染源。例如,头皮癣是通过梳子、帽子和一些像电影院座位的靠背这样的表面传染上的;**脚癣**一般是从残留在洗澡堂地板或毛巾上的真菌菌丝片段染上。癣病通常是通过接触了感染的表面而感染的。

18.48　癣病的其他类型是什么?

其他癣病包括长在全身的**体癣**(tinea corpora),长在屁股上的**股癣**(tinea cruris),长在指甲里的**甲癣**(tinea unguium),还有长在脸和耳朵上的**颜面癣**(tinea barbae)。

18.49　如何诊断和治疗癣病?

癣病的诊断通常是从感染部位的刮取物中,用显微镜观察真菌,培养这些皮肤真菌做进一步的确证,有些真菌在紫外灯的照射下会闪光。治疗复发可在患处涂用化学药品,如怀特菲耳德软膏(Whitfield's ointment),即苯甲酸及水杨酸或十一碳烯酸软膏。也可使用**灰黄霉素**。

18.50　白假丝酵母能引起皮肤感染吗?

严格地说,白假丝酵母会引起黏膜病,这种病通常是舌上呈乳白色的白假丝酵母在口腔中的过量生长造成的,称为**鹅口疮**(thrush)。白假丝酵母也能引起阴道黏膜感染,称为**"酵母病"**(yeast disease)或**阴道炎**。这种感染伴有不适,有时有白的奶酪状的排泄物。阴道的炎症是常见病。

18.51　白假丝酵母感染的学名是什么?

由白假丝酵母引起的疾病虽然具有鹅口疮、阴道炎和其他名称,但其学名为**白假丝酵母病**(candidiasis)。

18.52 什么因素引起白假丝酵母在体内感染的发展?

白假丝酵母通常是口腔、阴道、肠道和身体其他器官的正常菌群。当过量使用抗生素时，口腔、肠道中的细菌消失，白假丝酵母随后就大量繁殖。类似的情况也发生在阴道中，此时抗生素杀死在阴道中产酸的乳酸杆菌。没有酸，白假丝酵母生长旺盛。白假丝酵母还能引起皮肤感染，称为**甲床炎**(onchyosis)。手浸泡在水中时间过长，易染此病。

18.53 何种药物常用于治疗白假丝酵母病?

几种药物可用于治疗白假丝酵母病，包括**制霉菌素**和**咪唑**(imidazole)类抗生素。咪唑类抗生素包括霉抗唑、无霉唑、酮康唑和伊曲康唑。它们可通过处方购买，Monistat 和 Gyne-Lotrimin 等医药公司生产此类药剂。

18.54 为什么白假丝酵母病对 HIV 感染的病人很严重?

正常人体抵抗白假丝酵母病的防御系统集中在 T 淋巴细胞。HIV 患者的 T 淋巴细胞数量减少，因此体内防御系统减弱。白假丝酵母就可在这些病人身上生长旺盛。

18.55 孢子丝菌属真菌引起何种类型的感染?

申克孢子丝菌(*Sporothrix schenckii*)引起皮下真菌病，称为**孢子丝菌病**(sporotrichosis)。因泥炭藓、玫瑰刺和荆棘得病，孢子丝菌病表现为伤口部位的损伤和皮下组织深层感染。感染部位经常发生小溃疡，当溃疡扩散时，形成小疣突和肉芽肿，经常在皮下出现结节(图 18-5)。

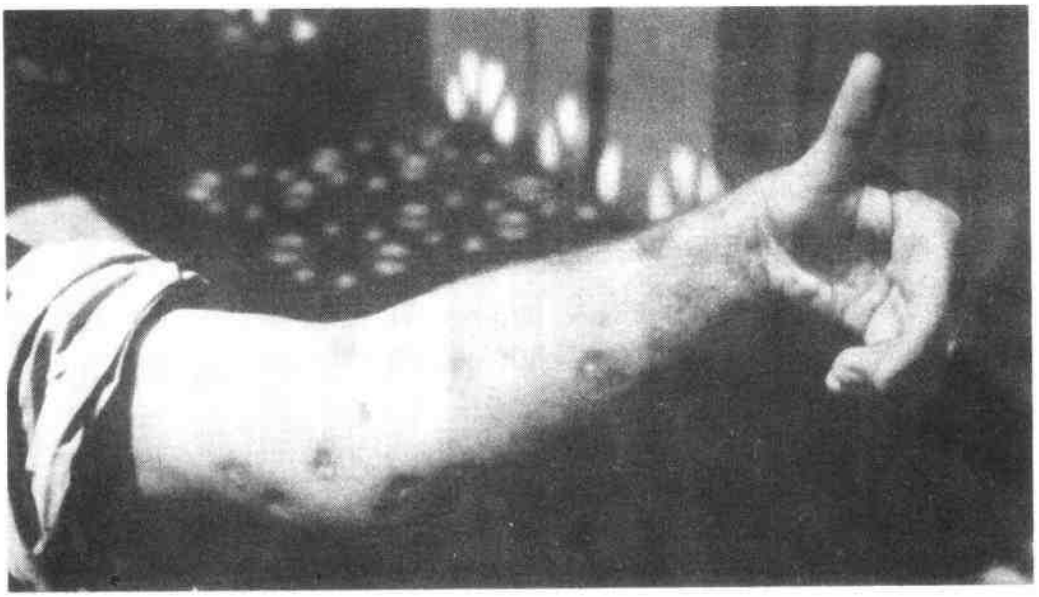


图 18-5 孢子丝病的结节状溃疡。

18.56 什么是足分枝菌病?

足分枝菌病(madura foot)是诺卡氏菌属和放线菌属(*Actinomyces*)中不同的似真菌的细菌引起的疾病。足分枝菌病是细菌从皮肤伤口进入，引起慢性颗粒性损伤。损伤中充满脓汁，引起脚部剧烈疼痛，可能需要截肢。

18.57　有由多细胞寄生虫引起的皮肤病吗?

像线虫这样的大多数多细胞寄生虫能侵入体内深层组织,但至少有两种留在皮肤组织中,一种是裂体吸虫(血吸虫)(*Schistosoma*),这种扁形动物引起**游泳者痒病**(swimmer' sitch,即血吸虫皮炎),当它进入皮肤,机体产生免疫应答。另一种引起皮肤病的寄生虫是麦地那龙线虫(*Dracunculus medinesis*)。它是一种线虫。它从污染的水进入皮肤,生活在皮肤组织中,常引起皮肤损伤,这种病称为**麦地那虫病**(dracunculiasis,即龙丝虫病)。

眼睛和伤口疾病

18.58　有严重的细菌性眼部疾病吗?

细菌性眼睛感染通常是由于暴露在污染的空气中,或是由于眼睛受伤引起。有时,在出生时受细菌感染,如患淋病的妇女生出的孩子。在这种情况下,淋病奈瑟氏球菌感染孩子的眼睛引起严重的**淋球菌结膜炎**(gonococcal ophthalmia),可能导致失明。此病伴有许多脓,会发展成角膜溃疡。给新生儿眼睛滴入硝酸银和抗生素以预防此病。

18.59　新生儿在出生过程中还易感染其他细菌吗?

另一种性传播的衣原体病也能传播给新生儿,引起眼睛感染,它称为**衣原体性结膜炎**(chlamydial ophthalmia)。病原体是沙眼衣原体。其症状与淋球菌结膜炎相似。

18.60　哪种细菌引起眼睛的结膜炎?

结膜炎,也称**红眼病**(pinkeye)。此病伴有眼部的肿胀和形成壳状物,巩膜变红,排出物常滴落在脸上。病原体有革兰氏阴性短杆菌的流感嗜血菌埃及生物群(*Haemophilus aegyptius*),各种葡萄球菌和链球菌,革兰氏阴性长杆菌的假单胞菌某些种。

18.61　结膜炎能在人与人之间传染吗?

结膜炎是高度传染性疾病,很易在儿童中传播。有时通过喷到空气中的唾液传播。细菌也可通过从面部到手上获得,并传播到另外的孩子的脸上和手上,从而传播该病。可用各种抗生素治疗,不是致命的疾病。

18.62　为什么认为沙眼是人类的重要疾病?

沙眼(trachoma)是一种经常导致失明的眼部疾病。是由沙眼衣原体引起的,它感染角膜,并产生永久性疤痕。全世界有上亿人患此病,失明的潜在是急性的。用四环素治疗对防止失明是重要的。

18.63　有哪些重要的病毒性眼病?

病毒能引起两种重要的眼部疾病。一种是由腺病毒(adenovirus)引起的**腺病毒角膜结膜炎**(adenoviral keratoconjunctivitis)。这种病伴有结膜发炎,眼睛肿胀、剧烈疼痛。第二种病是由单纯疱疹病毒引起的。这种病毒引起一种伴有溃疡和发炎的角膜感染,称为**疱疹性角膜炎**。这两种眼病都可通过视力检测仪感染。腺病毒也可从游泳池被污染的水中获得。

18.64　哪种原生动物能引起眼部疾病?

虽然原生动物引起的眼部疾病相对少见,但棘变形虫属(*Acanthamoeba*)的原生动物能引起眼睛感染。最常见的病原体是卡氏棘变形虫(*Acanthamoeba castellani*)。它引起称为角膜炎(keratitis)的角膜感染。多数病例伴有轻微发炎,但有些病例伴有严重的疼痛和角膜损伤。近来的病例可能由用污染的清洗液洗涤的隐形眼镜引起的。

18.65 有能感染眼睛的多细胞寄生虫吗?

称罗阿丝虫(*Loa loa*)的线虫能引起眼部感染,引起**罗阿丝虫病**(loiasis)。线虫生长在眼部的皮肤组织中,在眼睛的角膜和结膜的表面常能看到这种病原体。各种药物可用于消灭这种病原体,鹿虻在此病的传播中起重要的作用。

18.66 咬伤感染是皮肤病吗?

被动物咬伤可认为是皮肤感染,因为它常伴有皮肤表现形式。

18.67 细菌性伤口感染的例子是什么?

细菌性伤口感染的一个例子是**猫抓热**(cat scratch fever)。猫咬或猫抓传播此病。几天过后,在抓伤的部位有充满脓汁的损伤,在细菌侵入身体的一侧淋巴结肿大。有时有喉痛和头痛。

18.68 何种细菌引起猫抓热?

目前,尚未能完全确定引起猫抓热的细菌。两种最可能的病原体,一是革兰氏阴性杆菌的猫阿菲波菌(*Afipia felis*),另一是立克次氏体,即汉氏巴尔通氏体(*Rochalimeaea henselii*)。

18.69 老鼠咬伤能传播疾病吗?

被老鼠咬伤,可导致两种**鼠咬热**。第一种由革兰氏阳性的链状杆菌,念珠状链杆菌(*Streptobacillus monili formis*)引起。此病病原体通过老鼠的唾液传播,伴有头痛、发热和在咬伤部位的皮疹。第二种鼠咬热是由靠极生鞭毛运动的螺旋菌即小螺菌引起。在侵入部位有开放型溃疡标志,随后通常伴有发热和皮疹。两种类型的鼠咬热都可用抗生素治疗。

复 习 题

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 疖和痈通常是由于_____属的菌感染所致。
2. 对红细胞有特殊破坏作用的链球菌归类于_____型。
3. 由白假丝酵母引起的甲床炎(onchyosis)感染发生在_____。
4. 水痘或带状疱疹可用_____药治疗。
5. 烧伤组织特别易被革兰氏阴性杆菌的_____感染。
6. 传染性软疣伴有皮肤损伤,是由_____引起。
7. 自1977年以来,公共卫生机构没有检出一例_____病。
8. 麻疹的早期诊断迹象是_____的出现。
9. 德国麻疹的别称是_____。
10. 大多数病原性链球菌属于_____旋。
11. 引起水痘的病毒属于_____科。
12. TORCH组病是一组由处于_____期的母亲传播的疾病。
13. 癣病是由真菌引起的,可用_____药治疗。
14. 如果母亲患有_____,新生儿能感染上严重的眼部疾病。
15. 细菌性疾病的沙眼攻击_____。
16. 亚急性硬化性全脑炎的神经系统疾病,普遍与以前患有_____病的个体有关。
17. Ⅱ型单纯疱疹病毒经常引起_____病。
18. 引起皮肤出现烫伤症状的葡萄球菌的毒素称为_____。

19. 能产生红斑毒素的酿脓链球菌，会引起_____病。
20. 多数疣是由_____引起的。
21. 水痘有_____时间的明显的潜伏期。
22. 用于预防麻疹和其他儿童病毒性疾病的疫苗称为_____。
23. 癣和脚癣相互有关，统称为_____。
24. 孢子丝菌病是由_____类的微生物引起。
25. “酵母病”也称阴道炎，大多数是由感染_____引起的。
26. 水痘病毒的复活通常引起_____爆发。
27. 无霉唑和酮康唑主要用来治疗_____引起的感染。
28. 流感嗜血菌埃及生物群引起眼部组织的感染，该结构称为_____。
29. 棘变形虫属的原生动物常引起_____部的感染。
30. 足分枝菌病是脚部皮肤组织的感染，是由放线菌属和_____引起的。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 皮肤真菌是指下列哪些集合名词：(　　)。　(a)眼部的病毒性疾病　(b)皮肤的原生动物性疾病　(c)血液的细菌性疾病　(d)头发、指甲和皮肤外层的真菌性疾病
2. 下列叙述是风疹病的特征，除了(　　)之外。　(a)是由二十面体的 RNA 病毒引起的　(b)通过呼吸道传播　(c)也称为德国麻疹　(d)通常出现严重的皮疹
3. 引起下列疾病的病毒能在体内长期存活的是(　　)。　(a)沙眼和癣病　(b)单纯疱疹和水痘　(c)天花和疖　(d)猩红热和疣
4. Edward Jenner 因在(　　)的免疫工作方面领先而闻名。　(a)腮腺炎　(b)脚癣　(c)天花　(d)麻疹
5. 引起鼠咬热感染的是(　　)。　(a)假单胞菌或假丝酵母　(b)螺旋菌或链杆菌　(c)孢子丝菌或葡萄球菌　(d)衣原体或阿菲波菌
6. 过量使用抗生素可导致由(　　)引起的疾病感染。　(a)金黄色葡萄球菌　(b)体癣　(c)白假丝酵母　(d)棘变形虫
7. 如果衣原体或淋球菌在婴儿出生时传染给婴儿，那么新生儿将在(　　)患上严重的疾病。　(a)肺部　(b)皮肤外层　(c)肝脏　(d)眼部
8. 能破坏红细胞并使之溶解的链球菌是(　　)。　(a)γ-溶血链球菌　(b)D 族链球菌　(c)疱疹链球菌　(d)β-溶血链球菌
9. 下列是水痘的疾病特征，除了(　　)之外。　(a)病灶发生在囊　(b)此病通过呼吸道传染　(c)此病是由和引起单纯疱疹一样的病毒引起的　(d)病毒在皮肤内定居
10. 用于治疗脑炎疱疹和生殖器疱疹的药物是(　　)。　(a)无环鸟苷　(b)新霉素　(c)青霉素　(d)无霉唑
11. 与中毒性休克综合征和食物中毒有关的是(　　)。　(a)流感嗜血杆菌　(b)金黄色葡萄球菌　(c)铜绿假单胞菌　(d)单纯疱疹病毒
12. 心内膜炎可描述为是由(　　)。　(a)链球菌引起的心脏瓣膜疾病　(b)痘病毒感染心内膜　(c)白假丝酵母引起的心内膜疾病　(d)孕妇传染的 TORCH 组疾病
13. 消灭天花的措施是基于(　　)。　(a)消灭所有携带天花的病毒　(b)消除引起天花的细菌　(c)发现了新的抗生素用于治疗天花患者　(d)广泛使用含有牛痘病毒的疫苗
14. 单纯疱疹病毒能引起下列所有疾病，除了(　　)之外。　(a)称为脑炎疱疹的大脑炎症　(b)新生儿疱疹　(c)长在内外生殖器表面的薄壁水疱　(d)水痘的损伤
15. 下列各项中对麻疹皮疹描述最合适说法是(　　)。　(a)含有脓疱　(b)在皮肤上出现红斑块　(c)长时间地一堆一堆地发生　(d)很少发生
16. 大多数癣病的获得是由于(　　)。　(a)与含有真菌的物体接触　(b)通过呼吸道吸入飞

沫 (c)含有粪便的水造成的食物污染 (d)与患有此病的人直接接触

17. 已知荆棘和玫瑰灌木传播真菌,能引起(　　)。 (a)孢子丝菌病 (b)游泳者痒病(血吸虫皮炎) (c)颜面癣 (d)足分枝菌病

18. 结膜炎的许多病例也称为红眼病,病原体是(　　)。 (a)革兰氏阳性的葡萄球菌 (b)革兰氏阴性的葡萄球菌 (c)革兰氏阳性杆菌 (d)革兰氏阴性杆菌

19. 引起猫抓热的细菌能在感染部位形成(　　)。 (a)充满脓汁损伤的病灶 (b)干燥的病灶 (c)葡萄球菌感染 (d)坏疽性伤口

20. 游泳者痒病(血吸虫皮炎)是由于(　　)的存在而引起的免疫应答。 (a)革兰氏阳性的链球菌 (b)二十面体病毒 (c)盒状的病毒 (d)扁形动物

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则在句前写"F"。

__1. 凝固酶阳性的葡萄球菌会构成得病的威胁,因为它会引起组织中纤维的凝结。

__2. 脓疱疮是高度传染性、产脓的皮肤感染,在儿童中很普遍,但在成人中不常见。

__3. 中毒性休克综合征是由数种链球菌引起的,它们是革兰氏阳性的呈链状排列的球菌。

__4. 溶血素是一系列链球菌产生的能破坏红细胞的毒素。

__5. 心瓣膜疾病称为心内膜炎,是由链球菌引起的,也称为圣·安东尼之火。

__6. 痤疮丙酸杆菌是引起痤疮的最常见细菌。

__7. 烧伤患者组织普遍受到乳头状瘤病毒感染,它能在组织中产生绿色荧光色素。

__8. 传染性软疣是痘病毒引起的疾病,伴有粉红色的皮肤损伤,在损伤破裂时,释放出乳白色液体。

__9. 世界上每年大约有 10 例天花病例发生。

__10. 一般来说牛痘对人类健康的威胁比天花要大。

__11. 水痘病毒能在休内神经细胞中存活许多年,当它复发时,引起带状疱疹。

__12. 不推荐用阿斯匹林治疗水痘,因为它有引发 Grave 氏综合征的可能。

__13. 引起单纯疱疹的病毒属于一种有包膜的 RNA 螺旋病毒的疱疹病毒科。

__14. 推荐用无环鸟苷来治疗生殖器疱疹。

__15. 麻疹实际上是伴有皮疹的呼吸道紊乱,是由通过食物传播的 DNA 病毒引起的。

__16. MMR 疫苗提供了麻疹、腮腺炎和风疹的免疫作用。

__17. 皮肤真菌是引起皮肤病的真菌。

__18. 真菌性孢子丝菌病伴有损伤部位的病灶,并有深层皮下组织感染。

__19. 白假丝酵母能引起口腔、阴道、皮肤和肠道的感染。

__20. 引起淋病和足癣的微生物能在婴儿出生时传染给新生儿,也会引起新生儿严重的眼部感染。

(宋怡玲 译)

第19章 神经系统的微生物疾病

内　容

神经系统的微生物疾病是最危险的一类疾病，因为它们影响到体内关键的器官系统。因此，神经系统疾病也是人们了解最多的疾病。本章内容是：

1. 解释细菌性脑膜炎的某些特点和不同类型。
2. 认识患破伤风和肉毒中毒时产生的毒素对神经系统的影响。
3. 探讨麻风病的一些重要特征，并指出为什么它是一种神经系统疾病。讨论病毒性疾病——狂犬病，重点介绍用来防止病情发展的免疫方法。
4. 概括两种脊髓灰质炎疫苗的成分和用途，这两种疫苗使该病的发生率大大减少。
5. 描述朊病毒的特点以及它们在人类疾病中的地位。
6. 论述真菌和原生动物引起的重要神经系统疾病，重点讲述昏睡病。

原理和问题

19.1　哪些微生物引起神经系统疾病？

许多不同种类的生物都能引起神经细胞、神经以及神经系统其他部位比如脑膜的疾病。细菌、病毒、原生动物和真菌都能引起这类疾病。在许多情况中，病原菌通过呼吸道、胃肠道或损伤的皮肤进入体内。

19.2　由微生物感染引起的脑膜炎的特征性症状是什么？

脑膜是覆盖在脊髓和大脑上的三层膜。多数脑膜炎伴有严重的头痛和炎症。某些情况下会出现昏迷，该病的死亡率随涉及的微生物的类型而不同。

细菌性疾病

19.3　脑膜炎奈瑟氏球菌引起的是哪种类型脑膜炎？

脑膜炎奈瑟氏球菌是一种革兰氏阴性的小双球菌。它引起的是**脑膜炎球菌性脑膜炎**，这种病每年侵袭大约 3000 个美国人。

19.4　脑膜炎球脑性脑膜炎是如何传播的？

脑膜炎球菌性脑膜炎通常是通过空气中的飞沫传播的。存在于上呼吸道的细菌在进入血液前引发类似流感的症状。从血流再进入脑膜，侵产生脑膜炎。据信脑膜炎的多数症状是由这类微生物产生的毒素所造成的。

19.5　脑膜炎球脑性脑膜炎在血液期有什么样的症状？

脑膜炎球菌进入血液时导致极度不适和血毒症，后者是一种称为**脑膜炎球菌血症**（meningococcemia）的综合征。这一状况伴有内毒素休克，许多患者在该病的血液期死亡。

19.6　脑膜感染的某些特点是什么?

患有脑膜感染的人通常表现出颈部僵硬、疼痛。头疼极其痛苦,体表常会出现皮肤斑点。此外,肾上腺腺体有炎症,并伴有大出血。这一症状被称为**沃-弗综合征**(Waterhouse-Friderichsen syndrome)。

19.7　如何对脑膜炎球脑性脑膜炎进行诊断和治疗?

脑膜炎球菌性脑膜炎的诊断措施通常包括给患者作腰椎穿刺,然后检测脑脊髓液中是否存在革兰氏阴性双球菌。优选的治疗方案是用青霉素、利福霉素和其他抗生素作攻击性治疗。

19.8　有比脑膜炎球脑性脑膜炎危害性低的脑膜炎吗?

另外一种类型的膜膜炎是由流感嗜血菌(*Haemophilus influenzae*)b 型引起的。该病一般称为 **Hib 氏**病。它也影响脑膜,但多数情况发生在 2~5 岁的儿童中。该病在某些情况下是致死的,但死亡率通常比脑膜炎球菌性脑膜炎的死亡率低。康复者中观测到某些智力障碍。

19.9　有没有预防嗜血菌性脑膜炎(*Haemophilus* meningitis)的方法?

有一种叫作 **Hib 疫**苗的疫苗,它含有来自病原体的多糖。它是供儿童使用的,一般要联合注射 DPT 或 DTaP。

19.10　常规用于治疗嗜血脑性脑膜炎的是哪些药物?

常规情况下使用**利福平**来治疗嗜血菌性脑膜炎。如果已经发生接触,可以给予该药,它能防止病情发展。如果儿童没有作流感嗜血菌 b 型免疫接种,这样的预防性疗法就尤其重要了。

19.11　有没有其他能引起脑膜炎的细菌?

链球菌属和葡萄球菌属的多个种都能引起膜膜炎。例如,当肺炎链球菌在鼻咽部定居后感染了血液就是脑膜炎的一种常见发病原因。葡萄球菌性脑膜炎可能是金黄色葡萄球菌引发的,该菌通过呼吸道或严重的皮肤伤口进入体内。这些疾病都能导致死亡,因此必须作攻击性治疗。

19.12　利斯特氏菌病是由什么引起的?其特征性症状如何?

利斯特氏菌病是由一种叫作单核细胞增生利斯特氏菌的小革兰氏阳性杆菌引起的。它主要是一种血液病,表现为发烧、不适以及全身感觉不良。最近几年,公共卫生官员已指出利斯特氏菌病的病例常伴有脑膜的炎症和**利斯特氏菌性脑膜炎**(listeric meningitis)的发展。

19.13　利斯特氏菌性脑膜炎是如何患上的?它在哪类人群中特别危险?

利斯特氏菌性脑膜炎的病例与没有施行巴氏消毒法的奶制品,比如干酪有关。在这种情况中,细菌在引起脑膜炎之前通过胃肠道进入血流。这种病对怀孕的妇女特别危险,因为它可能导致流产,或者传染给胎儿并引起胎儿组织的损伤。

19.14　为什么破伤风被看作是一种神经系统疾病?

破伤风这种病通常是在玻璃或其他尖锐物体造成伤害时,由皮肤刺伤处感染的。病原体在死亡组织中生长并产生大量能影响该组织的毒素。这些毒素阻碍突触中的乙酰胆碱降解,促进神经冲动传导到肌肉,由此造成破伤风特征性的连续性肌肉收缩。由于其主要影响神经系统,所以破伤风被看作是神经系统的疾病。

19.15 哪些微生物能引起破伤风?

破伤风是由一种叫做破伤风梭状芽孢杆菌的革兰氏阳性、产芽孢的厌氧杆状细菌引起的。这种微生物在人和动物肠内以芽孢存在,随粪便传到土壤中。当芽孢进入伤口的死亡组织时,它们就萌发形成产生毒素的杆菌。

19.16 对破伤风患者可以给予什么治疗?

破伤风的主要原因是一种影响神经系统的叫做神经毒素(neurotoxin)的毒素。抗生素对神经毒素作用很小,必须给予抗体来中和这种毒素。这种抗体称为抗毒素(antitoxin)。

19.17 破伤风可以预防吗?

通过改变破伤风毒素制品的化学性质可以制备出破伤风类毒素(toxoid)。然后将这种**破伤风类毒素**(tetanus toxoid)在DPT注射中注射到体内,它便诱导免疫系统产生保护性抗体。应该每10年或更短时间作一次破伤风注射以便提供保护性的免疫状态。

19.18 梭状芽孢杆菌属的某些种能引起神经系统疾病吗?

一个叫做肉毒梭状芽孢杆菌的梭状芽孢杆菌种能引起极度致命的疾病:**肉毒中毒**。肉毒梭状芽孢杆菌是一种厌氧的产芽孢革兰氏阳性杆菌。它从动物和人的肠进入土壤,并以芽孢存在于此。

19.19 肉毒中毒的病原菌是如何进入体内的?

肉毒梭状芽孢杆菌的芽孢附着在从土壤中收获的食物上。当制作食物并将其放在未消毒的真空密封容器内时,芽孢在罐子里的厌氧环境中萌发成营养细胞,并产生非常致命的外毒素。这种外毒素被吸收到食物中。

19.20 为什么肉毒中毒被毒作是一种神经系统疾病?

尽管肉毒中毒始于外毒素进入肠胃道,但它是一种神经系统疾病。这是因为肉毒中毒的毒素分子进入血流并停留在突触中,突触是神经细胞的树突与其他神经细胞的轴突或者肌神经接点处的肌肉细胞汇集的地方。在突触中,肉毒中毒的毒素被吸收到轴突的终树突中,它可抑制神经递质如乙酰胆碱从终端末梢释放出来。没有神经递质,神经冲动就不能从一个神经细胞传递到另一个神经细胞或者从神经细胞传递到肌肉细胞。

19.21 发生在突触中的肉毒毒素中毒作用会产生什么症状?

神经递质抑制的一个后果是体内会发生进行式的麻痹。会经历四肢麻木,面部肌肉陷入弛缓的麻痹状态,言语含糊,视觉减弱,当肋间肌和横隔膜发生麻痹时,会出现呼吸窘迫。呼吸肌的麻痹最终导致死亡。

19.22 对肉毒中毒有什么治疗方法?

当患者表现出肉毒中毒的症状,医师可以给予抗毒素制品来中和毒素。抗毒素是一种在那些其免疫系统用肉毒中毒毒素激发过的人体内产生的抗体分子。由于肉毒中毒特征不在于细菌感染,它不是传染病。

19.23 消费者可以采取什么预防措施来避免食物中的肉毒中毒毒素?

肉毒中毒毒素是一种热敏感的高分子质量蛋白质。因此,如果在食用前将食物煮沸,存在的毒素就会被破坏。多数肉毒中毒病例与没有加热或轻微加热就食用的食物有关。

19.24 为什么麻风病被看作是一种神经系统疾病?

虽然通常认为**麻风病**是一种皮肤病,但细菌影响的是外周神经。随着神经末梢被破坏,患者变得对环境刺激不敏感。这是麻风病的基础。

19.25 外周神经的破坏如何导致了麻风病的症状?

随着神经末梢被破坏,患者极其容易发生皮肤损伤。例如,感觉不到烧伤、损伤或创伤。这些伤口经常会变得易发生感染,因为痛觉神经末梢被破坏了,患者感觉不到感染所引起的疼痛。还会对骨组织造成某些破坏,因为这些组织的神经末梢已经消失。在某些病例中,骨骼变得扭曲,患者会经历"爪形手"(图 19-1)。除非二次感染引起了严重的并发症,一般不认为麻风病是一种非常致命的疾病。

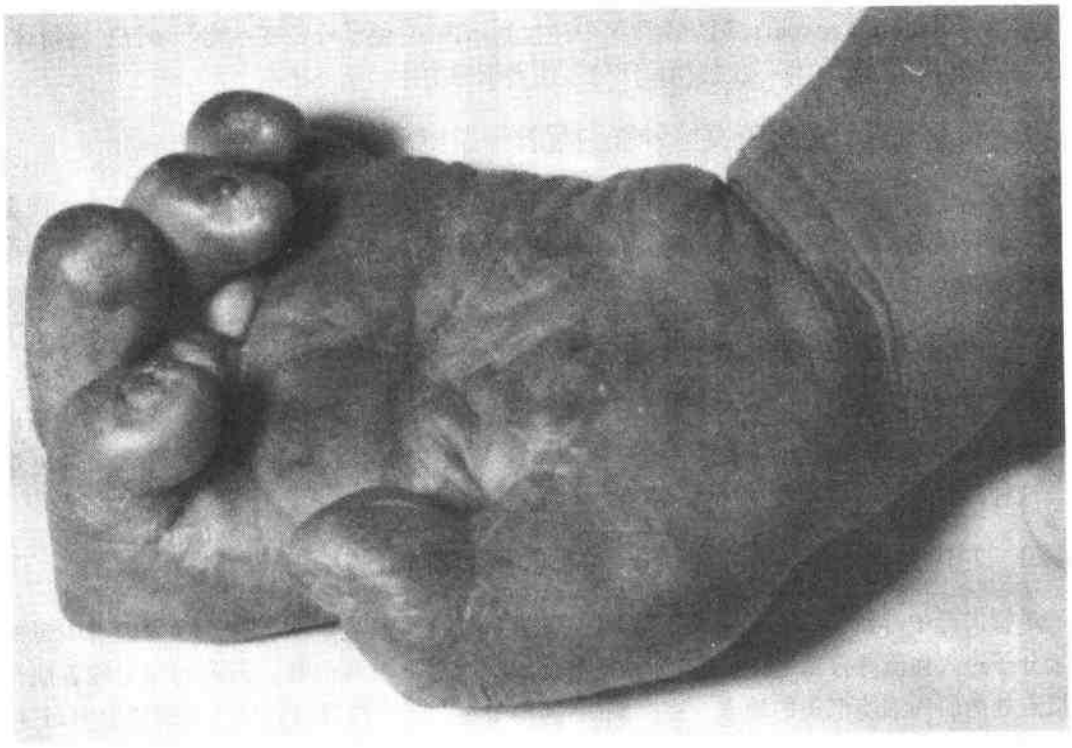


图 19-1 "爪形手",麻风病病例中发生外周神经破坏造成的结果。

19.26 麻风病的致病菌及其潜伏期如何?

麻风病是由一种耐酸的杆菌——麻风分枝杆菌引起的。这种微生物通过多种皮肤接触或者通过从呼吸道表层咳出的飞沫传播。麻风病的潜伏期非常长,在 3 到 6 年间。这样的潜伏期属于细菌性疾病中最长的。

19.27 麻风病的其他名称是什么以及如何治疗麻风病?

由于历史上对麻风病的看法,"麻风病"这个名词被认为是一个轻蔑用语。因此,该病更以**Hansen 氏病**(Hansen's disease)为人所知,这是以在 19 世纪后期[①]对它进行研究的 Gerhard Hansen 命名的。许多现代抗生素和化学治疗剂可以用于治疗麻风病。最有效的药物之一是氨苯砜,化学上称为二氨二苯砜。其他用于抗麻风病的药物包括利福平和氯法齐明。

①1872 年。——译者注

19.28　麻风病(Hansen 氏病)有没有不同类型?

影响皮肤并导致人失去感觉的麻风病类型叫做**结核样型麻风**(tuberculoid leprosy)。第二型,叫做**瘤型麻风**(lepromatous leprosy),包括形成皮肤结节,它使皮肤发生膨大和变形。这两种情况中分离耐酸杆菌均可以协助诊断。

病毒性疾病

19.29　神经系统最严重的病毒性疾病是什么?

毫无疑问,最严重的神经系统疾病是由一种螺旋状、子弹形 RNA 病毒引起的**狂犬病**。这种疾病中,病毒影响到大脑,致死率接近百分之百。随着神经组织的破坏,患者在试图饮用液体或者想到液体时,会经历严重的麻痹以及咽部肌肉痉挛。这种状况称为**恐水病**(bydrophobia),意思是害怕水。

19.30　在美国每年发生大约多少例狂犬病?

在美国真正的狂犬病病例非常少。一年内发生的少于 10 例,在某些年份内没有病例。但是,每年有超过 25 000 人由于被动物咬伤接触到病毒而接种狂犬病疫苗。

19.31　狂犬病的传播涉及到哪些动物?

许多动物都可以传播狂犬病,包括狗、猫、蝙蝠、大鼠、浣熊、马、狼以及许多其他物种。如果被咬伤,必须假定该人已被接种传染(inoculated),应当给他注射狂犬病疫苗。

19.32　狂犬病疫苗在何处注射,能持续多长时间?

在很长一段时期内,狂犬病免疫需在腹部脂肪内进行多达 24 次注射,非常痛苦。但从 1980 年开始,狂犬病注射在臂上进行,连续注射 3 或 4 次。使用的材料是在人组织细胞中培养的减毒的狂犬病病毒。据信,免疫力能维持终生。

19.33　只有被咬伤后才进行狂犬病免疫吗?

任何想获得对狂犬病的保护力的人都可以接种疫苗。动物工作者以及与动物打交道的人应当考虑接**触前免疫**(preexposure immunization),已经被动物咬伤的人必须接受**接触后免疫**(postexposure immunization)接种。

19.34　狂犬病的正常潜伏期有多长?

狂犬病的潜伏期根据病毒进人体内与神经系统的距离,以及接种了多少病毒而变化。潜伏期可以仅有几天或者长达数月。一般来说,症状出现前有足够的时间来免疫防病。

19.35　为什么脊髓灰质炎被认为是一种神经系统疾病?

脊髓灰质炎(polio)是 poliomyelitis 的缩写。该病由一种非常小的、二十面体 RNA 病毒引起。将这种病看作神经系统疾病是因为主要的影响发生在脑膜以及叫做延脑的大脑基底干部。在轻度脊髓灰质炎病例中,病毒感染颈部和回肠的淋巴结,并引发呼吸症状和某些不适,但没有其他影响。严重类型的脊髓灰质炎中,病毒影响上脊髓的运动神经细胞并诱发麻痹,甚至可能造成呼吸衰竭。最严重的病例中,当病毒影响脑干时导致永久性麻痹。

19.36　脊髓灰质炎病毒是如何传播的?

脊髓灰质炎病毒一般通过被污染的食物和水传播,因此这种病毒存在于胃肠道中。肠胃症状比如恶心、腹部绞痛和腹泻经常是这种病的早期信号。

19.37 预防脊髓灰质炎有哪两种疫苗?

这两种疫苗是索尔克疫苗和萨宾疫苗。**索尔克疫苗**(Salk vaccine,亦称"死病毒")是用经化学物质灭活的病毒制备的;**萨宾疫苗**(Sabin vaccine,亦称"活病毒")是用实验室培养的细胞经多次传代而弱化的病毒制备的。索尔克疫苗必须在臂部注射,而萨宾疫苗可以放在方糖或者滴液中口服。疫苗的使用在减少美国脊髓灰质炎发病率中起到了重要作用(图 19-2)。

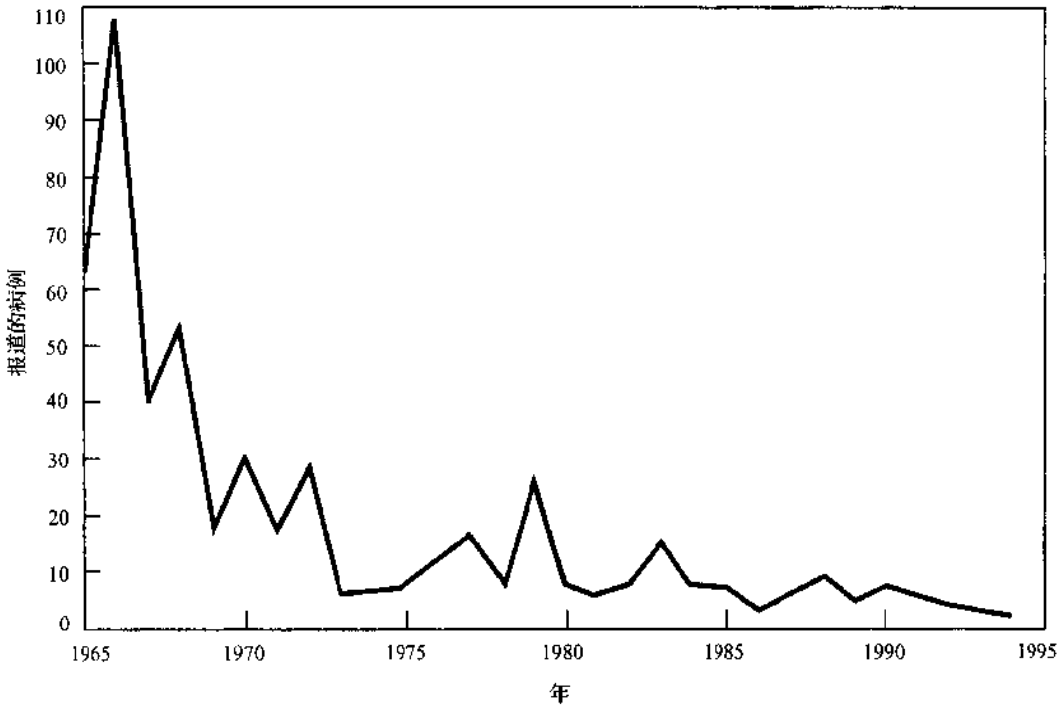


图 19-2 美国 1965 到 1994 年间报道的脊髓灰质炎病例。
病例的下降主要由于使用了脊髓灰质炎疫苗。

19.38 预防脊髓灰质炎的优选疫苗是什么?

对于是优选索尔克还是萨宾疫苗还没有统一的看法。目前,在美国,萨宾疫苗用得最广泛;而世界上其他地方优选索尔克疫苗。使用每种疫苗都有优点和缺点。例如,萨宾疫苗能产生更强的免疫应答,但接受者有发生轻度类似脊髓灰质炎疾病的风险。索尔克疫苗免疫应答弱,但感染危险小。

19.39 病毒性脑炎的一些特征性症状是什么?

病毒性脑炎(viral encephalitis)是脑组织的一种疾病。通常伴有头痛、发烧、精神紧张,在某些病例中还有神经系统的永久性损伤。多数病毒性脑炎是通过节肢动物,比如蚊子和虱子传播的。不同类型的脑炎,会有不同的脑损伤、耳聋以及其他神经学上的问题。不同的 RNA 病毒都可能引起病毒性脑炎。

19.40 病毒性脑炎有哪几种类型?

病毒性脑炎的主要类型有圣路易型脑炎(SLE)、LaCrosse 脑炎、流行性乙型脑炎、东方马脑炎(EEE)和西方马脑炎(WEE)(都是马的病毒性脑炎)。这些类型中的病毒许多在自然界中存在于鸟和其他动物体内,通过生活在这些动物上的节肢动物和人类皮肤传播。杀死传播病毒的节肢动物可以中断这些流行病。虽然可使用含有抗体的抗血清,但没有药物疗法来治

疗这些病。

19.41　什么是朊病毒疾病，为什么它们在微生物学中很重要？

朊病毒（prion）是一种超显微蛋白颗粒，它们似乎能引起人神经系统感染。这类疾病的特征在于震颤以及与阿尔茨海默氏病类似的智力障碍，患者变得困惑、失去方向感并且明显衰老。朊病毒疾病包括**库鲁症**（kuru）和**克雅病**（Creutzfeldt-Jakob disease，CJD）。角膜移植体曾参与传播 CJD。

真菌和原生动物疾病

19.42　有没有真菌引起的神经系统疾病？

可能神经系统最重要的真菌性疾病就是微荚膜新隐球酵母引起的**隐球菌病**。这种酵母样的微生物通过肺进入体内，经过血流，导致脑膜的炎症。它引起的脑膜炎可能是进行性和致命的。

19.43　哪些个体最易受隐球菌病感染？

隐球菌病是 HIV 感染和 AIDS 患者中的一种条件致病菌感染的疾病。与酵母菌相像的真菌从肺部侵入大脑和脊髓并导致致命的疾病，这是 AIDS 的一个后果。其他免疫抑制个体比如接受移植和癌症治疗的人也容易受到隐球菌病的影响。

19.44　有没有用于治疗隐球菌病的药物？该病是如何染上的？

两性霉素 B 经常被用来治疗隐球菌病。但这是一种非常危险的药物，必须在仔细的监控下使用。据信微荚膜新隐球酵母是通过鸽子粪在被阵风吹过干燥的粪便时传播的。因此，这种病经常发生在鸽子聚集的市区。疾病侵入到神经系统前，在肺组织中可以看到真菌细胞。图19－3显示了它们的外形。

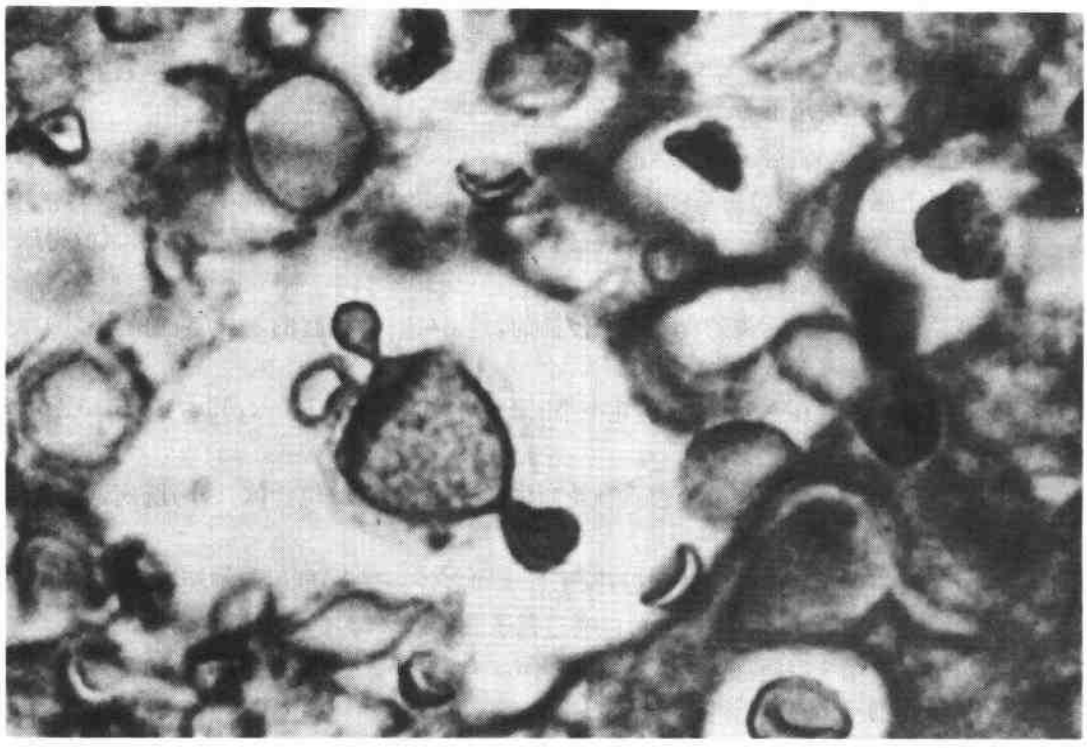


图 19－3　在肺组织中见到的微荚膜新隐球酵母的显微照片。
真菌是肺细胞中染色较黑、有些圆的个体。

19.45 为什么昏睡病被认为是一种神经系统疾病?

昏睡病(sleeping sickness)是一种神经系统疾病,因为引起该病的致病原生动物在中枢神经系统的组织中繁殖,并引起严重的头痛、震颤和进行性麻痹。在许多病例中,患者会惊厥并发生昏迷。这就是昏睡病的"睡眠"。

19.46 什么微生物引起昏睡病?它们是如何传播的?

有两类昏睡病:非洲昏睡病和南美昏睡病。**非洲昏睡病**是由一种有鞭毛的原生动物布鲁斯锥虫引起的,而**南美昏睡病**(South American sleeping sickness)是由克鲁兹锥虫(*Trypanosoma cruzi*)引起的,它也是一种鞭毛虫。非洲昏睡病是由舌蝇传播的,南美昏睡病是由锥虫传播的。

19.47 两类昏睡病有什么主要差别?

两类昏睡病都影响神经系统,但南美型还伴有心肌感染。这种病中,不规则心动和心脏周围积液经常导致心脏的永久损伤。南美昏睡病又因其20世纪的研究者而称为**恰加斯病**(Chagas' disease)。

19.48 什么药可以用来治疗昏睡病?

有几种治疗昏睡病的药,包括苏拉明和戊烷脒羟乙磺酸盐。

19.49 有没有其他原生动物引起的疾病影响到神经系统?

另一种源于原生动物的神经系统疾病是脑炎,由一种称为福纳氏虫(*Naegleria fowler*)的变形虫引起。这种病在美国少见。致病原生动物显然是经鼻黏膜进入体内并通过嗅觉神经扩散到大脑。在此它们引发大脑炎症和组织破坏,多数病例是致死的。

复 习 题

选择题 选出一个最合适的答案。

1. 以下特征中(　　)符合脑膜炎球菌性脑膜炎。 (a)一般通过被污染的食物传播 (b)可能伴有肾上腺炎症 (c)由革兰氏阳性双球菌引起 (d)该病没有血液期
2. 肉毒中毒毒素的影响可在(　　)中观察到。 (a)肠胃系统 (b)呼吸系统 (c)泌尿生殖系统 (d)神经系统
3. 脊髓灰质炎是通过被污染的食物和水传播的,是由(　　)引起的。 (a)细菌 (b)原生动物 (c)病毒 (d)真菌
4. 狂犬病的潜伏期是(　　)。 (a)几个小时 (b)总是少于两天 (c)5~10天 (d)各不相同的
5. 能引起神经系统感染的超微蛋白质颗粒叫做(　　)。 (a)包含体 (b)朊病毒 (c)异染颗粒 (d)类病毒
6. 以下说法都符合微荚膜新隐球酵母,除了(　　)之外。 (a)能引起神经系统疾病 (b)感染患有AIDS的个体 (c)可以通过鸽于粪传播 (d)是一类原生动物
7. 所有以下神经系统疾病都涉及到病毒,除了(　　)之外。 (a)昏睡病 (b)狂犬病 (c)圣路易脑炎 (d)流行性乙型脑炎
8. 对肉毒中毒患者的治疗包括(　　)。 (a)青霉素 (b)四环素 (c)抗毒素 (d)类毒素
9. 尽管麻风病经常被当做是皮肤病,更准确地说它是一种(　　)的疾病。(a)中枢神经系统 (b)泌尿生殖道 (c)感觉器官 (d)外周神经

10. 锥虫属(*Trypanosoma*)和纳氏虫属(*Naegleria*)的种都是(　　)。 (a)通过舌蝇传播 (b)用青霉素治疗 (c)一种原生动物 (d)引起昏睡病的
11. 两性霉素B经常用于治疗(　　)。 (a)脊髓灰质炎 (b)肉毒中毒 (c)狂犬病 (d)隐球菌病
12. 以下微生物都能引起脑膜炎,除了(　　)之外。 (a)流感嗜血菌b型 (b)麻风分枝杆菌 (c)肺炎链球菌 (d)金黄色葡萄球菌
13. 麻风病的另一个称呼是(　　)。 (a)Hansen氏病 (b)昏睡病 (c)巴斯德氏病 (d)费氏症
14. 以下都是人类的传染性疾病,除了(　　)之外。 (a)脑膜炎 (b)脊髓灰质炎 (c)麻风病 (d)破伤风
15. Hib疫苗是用于诱导保护对抗(　　)的。 (a)昏睡病 (b)肉毒中毒 (c)狂犬病 (d)脑膜炎
16. 多数破伤风是通过(　　)传染上的。 (a)节肢动物叮咬 (b)皮肤创口 (c)呼吸飞沫 (d)食用未巴斯德消毒的牛奶
17. 以下哪条描述了导致利斯特氏菌病的微生物:(　　)。 (a)梭菌属的一种厌氧菌 (b)一种真菌 (c)一种小革兰氏阳性杆菌 (d)一种二十面体病毒
18. 某人有以下症状:言语含糊、视力下降、横膈膜和脉间肌麻痹。最可能患的是(　　)。 (a)脑炎 (b)脊髓灰质炎 (c)肉毒中毒 (d)麻风病
19. 引起麻风病的细菌是(　　)。 (a)耐酸的 (b)厌氧的 (c)通过节肢动物传播 (d)一种革兰氏阴性双球菌
20. 破伤风和肉毒中毒都是由(　　)引起的。 (a)原生动物 (b)朊病毒 (c)微荚膜新隐球酵母 (d)梭菌属的一个种
21. 一名患者在用火焰灼烧手指的皮肤时没有疼痛的感觉。该患者最可能是得了(　　)。 (a)恰加斯病 (b)狂犬病 (c)利斯特氏菌性脑膜炎 (d)麻风病
22. 沃-弗综合征最常与(　　)有关。 (a)隐球菌病 (b)东方马脑炎 (c)库鲁病 (d)脑膜炎球菌性脑膜炎
23. 用于预防狂犬病的索尔克疫苗含有(　　)。 (a)灭活的病毒 (b)减毒的病毒 (c)基因工程病毒 (d)病毒蛋白
24. 多数脑炎是通过(　　)传染的。 (a)皮肤创伤 (b)节肢动物 (c)被污染的水 (d)动物咬伤
25. 防止肉毒中毒传播的一个有效途径是(　　)。 (a)避开节肢动物 (b)立即处理动物咬伤 (c)食用前将食物仔细加热 (d)避免与有这种病的人接触

匹配题　将正确的字母填在病名旁,使B栏的症状与A栏的疾病匹配。

A栏	B栏
__ 1. 脊髓灰质炎	(a)由锥虫属一种(布鲁斯锥虫)引起的
__ 2. 脑炎	(b)朊病毒疾病
__ 3. 脑膜炎球菌性脑膜炎	(c)伴有隐球菌病
__ 4. 隐球菌病	(d)南美昏睡病
__ 5. 库鲁病	(e) 一种LaCrosse脑炎类型
__ 6. 嗜血菌性脑膜炎	(f)与分枝杆菌有关
__ 7. 昏睡病	(g)由真菌引起的
__ 8. 肉毒中毒	(h)由猫、狗和浣熊传播
__ 9. 恰加斯病	(i)由超显微朊病毒引起
__ 10. 利斯特氏菌性脑膜炎	(j)用萨宾疫苗进行免疫

__ 11. 狂犬病　　(k)皮肤破损后发生
__ 12. AIDS　　(l)用 Hib 疫苗预防
__ 13. 破伤风　　(m)与未巴斯德消毒的奶制品有关
__ 14. 麻风病　　(n)由奈瑟氏球菌引起的
__ 15. 克雅病　　(o)毒素存在于食物中

是非题　判断下列句子，正确则在句前写"T"，错误则在句前写"F"。

__ **1.** 利斯特氏菌性脑膜炎对孕妇特别危险，因为这种疾病可能导致流产或者传递给胎儿并造成伤害。
__ **2.** 为了预防个体的破伤风，在 DPT 注射中向体内注射破伤风类毒素。
__ **3.** 脊髓灰质炎是一种神经系统疾病，主要的影响发生在脑膜和大脑中。
__ **4.** 导致隐球菌病的真菌类似于酵母，它在引起肠胃道感染后侵入脑和脊髓。
__ **5.** 脑膜炎奈瑟氏球菌进入血流时，引起极度不适和血毒症，这是脑膜炎球菌血症的部分症状。
__ **6.** 青霉素常规用来治疗嗜血菌性脑膜炎，预防性地给予青霉素来防止这种疾病发展。
__ **7.** 破伤风毒素通过抑制突触中乙酰胆碱的释放而引起个体患病。
__ **8.** 被动物咬伤的个体在臂部接受狂犬病免疫注射。
__ **9.** 多数脊髓灰质炎通过被感染的节肢动物叮咬没有免疫的个体而传播。
__ **10.** 与阿尔茨海默病类似的颤抖和智力障碍可能是克雅病的特征性症状，这种病被认为是由朊病毒引起的。
__ **11.** 非洲和南美昏睡病都是由通过节肢动物传播的有鞭毛的真菌引起。
__ **12.** 狂犬病的一个症状是恐水症，它伴有咽部肌肉痉挛。
__ **13.** 引起肉毒中毒的微生物是一种厌氧的、产芽孢杆菌，它污染食物和食品。
__ **14.** 脑膜炎病例可能是由多种细菌引起的，包括利斯特氏菌、链球菌和奈瑟氏球菌属的菌种。
__ **15.** 多数隐球菌病是由鸽子粪中的微生物借助阵风传播的。
__ **16.** 狂犬病是由狗和猫，而很少由其他动物传染给人的。
__ **17.** 麻风病的潜伏期是短短的 2～3 周，这种病由一种耐酸的杆菌引起。
__ **18.** 目前医学上用 Hib 疫苗来防止可能的脊髓灰质炎病例。
__ **19.** 美国的狂犬病例很少，一般每年发生 10 例以下。
__ **20.** 蚊子和虱子属于节肢动物，它们能传播病毒性脑炎。

（洪　龙译）

第20章 呼吸系统的微生物疾病

内　容

呼吸道是许多微生物疾病的发病地点，包括肺炎、流感和其他众所周知的疾病。这些疾病的传播相对容易因为呼吸道对环境是开放的。本章内容是：

1. 论述各种与链球菌感染呼吸道有关的疾病和症状。
2. 总结百日咳的症状并指出什么疫苗可以预防这种病。
3. 概括与结核病有关的一些重要特性，比如其病原菌、症状、治疗、诊断、发生和免疫。
4. 讨论引起肺炎的不同细菌菌种，比较不同类型肺炎的特征性症状。
5. 简要描述衣原体和立克次氏体在发生呼吸性疾病中的重要性。
6. 具体说明流感和流感病毒的相关特征并与普通感冒进行比较。
7. 概述真菌引起的各种呼吸性疾病，包括山谷热、组织胞浆菌病和酵母病。
8. 描述机会原生动物（如卡氏肺囊虫）在发生与 AIDS 相关的呼吸性疾病中的重要性。

原理与问题

20.1　为什么呼吸道疾病在人类中如此普遍？

呼吸道感染在人类中非常普遍主要是因为它们是通过黏液和唾液传播的。由于人们经常会聚集在一起，很容易发生微生物的传递。同时，许多感染发生在呼吸道的外层上皮。因为可能不涉及血液，免疫系统应答比其他情况下要弱。

细菌性疾病

20.2　哪些链球菌引起呼吸系统的感染？

有三群主要的**链球菌**：α-溶血性链球菌、β-溶血性**链**球菌和γ-溶血性**链**球菌。α-溶血性链球菌部分消化血液，导致血液呈现橄榄绿色。这个群中的细菌参与牙齿腐烂、肠紊乱以及其他轻微的链**球**菌疾病。只有一种链球菌分类到β-溶血性链球菌，就是化脓链球菌。这种革兰氏阳性的链球菌导致皮肤、血液和脑膜的多种感染。此外，它是**脓毒性咽喉**（又称为 septic sore throat）的病原菌。γ-溶血性链球菌是非致病菌。

20.3　医师如何知道一种呼吸道感染是否是脓毒性咽喉炎？

通常，脓毒性咽喉炎的诊断包括做一个咽喉拭子并用拭子涂血琼脂。β-溶血性链**球**菌溶解血细胞，如果感染是**脓**毒性咽**喉**炎，血琼脂中的血液会消失。在更现代的医学中，使用抗体检测，其中将链球菌抗体结合到乳胶粒上，用这个乳胶粒代替咽喉拭子。如果存在链**球**菌抗原，颗粒会凝集。

20.4　脓毒性咽喉炎的特征症状是什么？

在多数脓毒性咽喉炎的病例中，咽部组织变成鲜红，扁桃体和咽壁上可以看到脓。舌头经

常变成鲜红色，乳突直立，因此称为“草莓舌”(*strawberry tongue*)。咳嗽很厉害，高烧，颈淋巴结扩张并且变软。还可能发生中耳感染，因为咽鼓管连接着咽和中耳，使细菌能到达这个区域。中耳感染称为**中耳炎** (otitis media)。

20.5 为什么治疗脓毒性咽喉炎很重要，而且应当立即进行？

通常用青霉素或者给青霉素过敏的患者使用一种合适的替代品来治疗链球菌性咽喉痛。治疗应当及时而积极，因为如果链球菌进入血流，它们会导致严重的血液症状和迅速的体温上升。此外，链球菌抗原与链球菌抗体反应，使链球菌固定到心瓣组织上，能引发一种叫做**细菌性心内膜炎**的症状。如果有特别的潜在的症状，如左房室瓣脱出，心内膜炎会导致心瓣变性。

20.6 脓毒性咽喉炎与猩红热有关吗？

猩红热和脓毒性咽喉炎都是化脓链球菌引起的。区别是猩红热由一种产毒素的菌株进入血流。这种叫做**红疹毒素**的毒素破坏毛细血管，使血液渗入皮肤组织，导致粉红色皮疹和高烧。皮疹还可能是由血液中发生的超敏反应引起的。猩红热伴有草莓舌，并且皮肤常发生脱离或剥落。这一症状与葡萄球菌烫伤皮肤综合征类似。

20.7 哪种微生物是百日咳的病原菌？

百日咳是由一种叫做百日咳博德特氏杆菌的小革兰氏阴性杆菌引起的。这种微生物通过呼吸飞沫传播，生活在呼吸道的上皮层，能产生几种帮助它黏附在上皮细胞的纤毛上的毒素。百日咳一度在美国流行，但利用公共卫生监督方法和注射疫苗已使其发病率下降。近几年，这种病又略有复苏。图 20-1 显示了 30 年内百日咳的发病率。

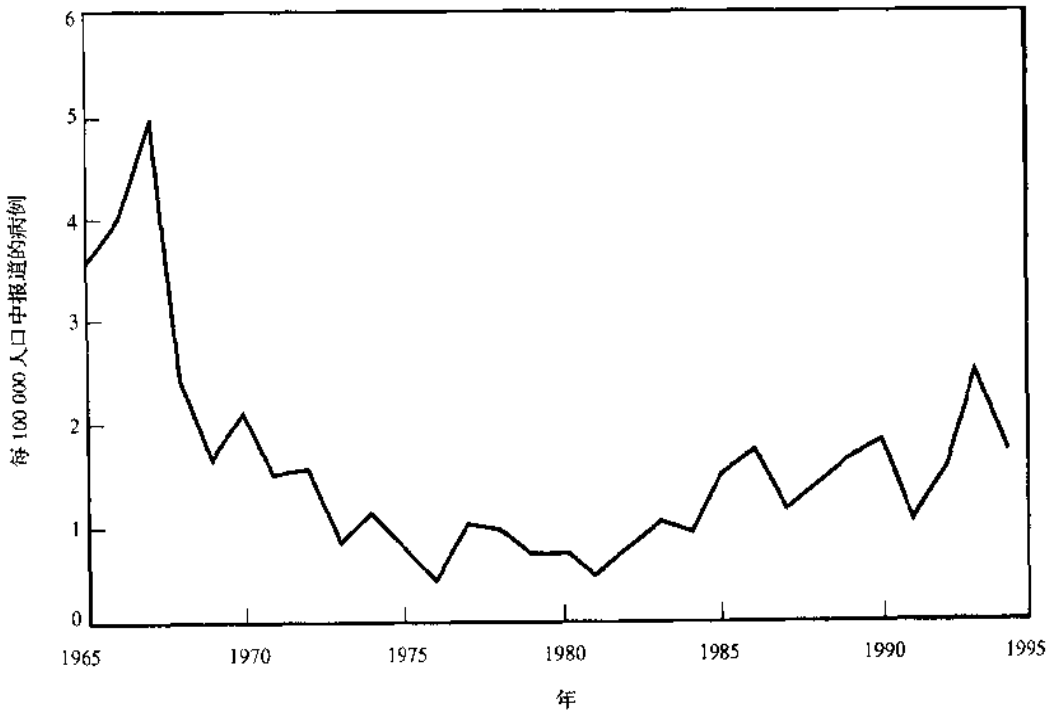


图 20-1 曲线图显示了 1965 到 1994 年间百日咳在美国的发病率。
从 1980 年起，百日咳发病率有所上升，但随着新疫苗的出现，预计会下降。

20.8 百日咳的特征性症状是什么？

百日咳的典型病例病程分为三期。第一期伴有发烧、呕吐和轻微咳嗽。第二期，咳嗽断续

地发作，黏液串积聚在气道中。当空气通过狭窄的通道时，咳嗽的发作产生高音“哮喘”。因此，百日咳在英文中又称为 **whooping cough**（也是百日咳之意）。在第三期，即逐渐恢复期，咳嗽要持续几周。这期间可能发生其他细菌的继发性感染。

20.9　如何诊断和治疗百日咳?

百日咳的诊断通常包括从呼吸道中分离细菌，并在博代-让古培养基(Bordet-Gengou medium)上培养。红霉素对这种病有效。但即使细菌已被杀死，也很难完全消除其症状。

20.10　哪种疫苗能有效地预防百日咳?

在传统的抗百日咳疫苗 **DPT** 疫苗中含有杀死的细菌，其中 P 代表百日咳。较新的疫苗由多糖无细胞制品构成，叫做无细胞百日咳疫苗。结合了白喉和破伤风的免疫试剂的三联疫苗称为 **DTaP**。免疫接种在大约两月龄开始。

20.11　哪种细菌引起结核病，这种微生物的特征是什么?

结核病是由一种叫做结核分枝杆菌的细长杆菌导致的。这种生长缓慢的杆菌既不是革兰氏阳性也不是革兰氏阴性的；而是**耐酸**性的。用石炭酸品红染色时，必须利用火焰使染料透过细菌细胞壁。但是一旦着色，即使用酸性乙醇冲洗也不会使它脱色。这种耐酸特性源于它有含有分枝菌酸的非常厚的细胞壁。图 20-2 说明耐酸技术。

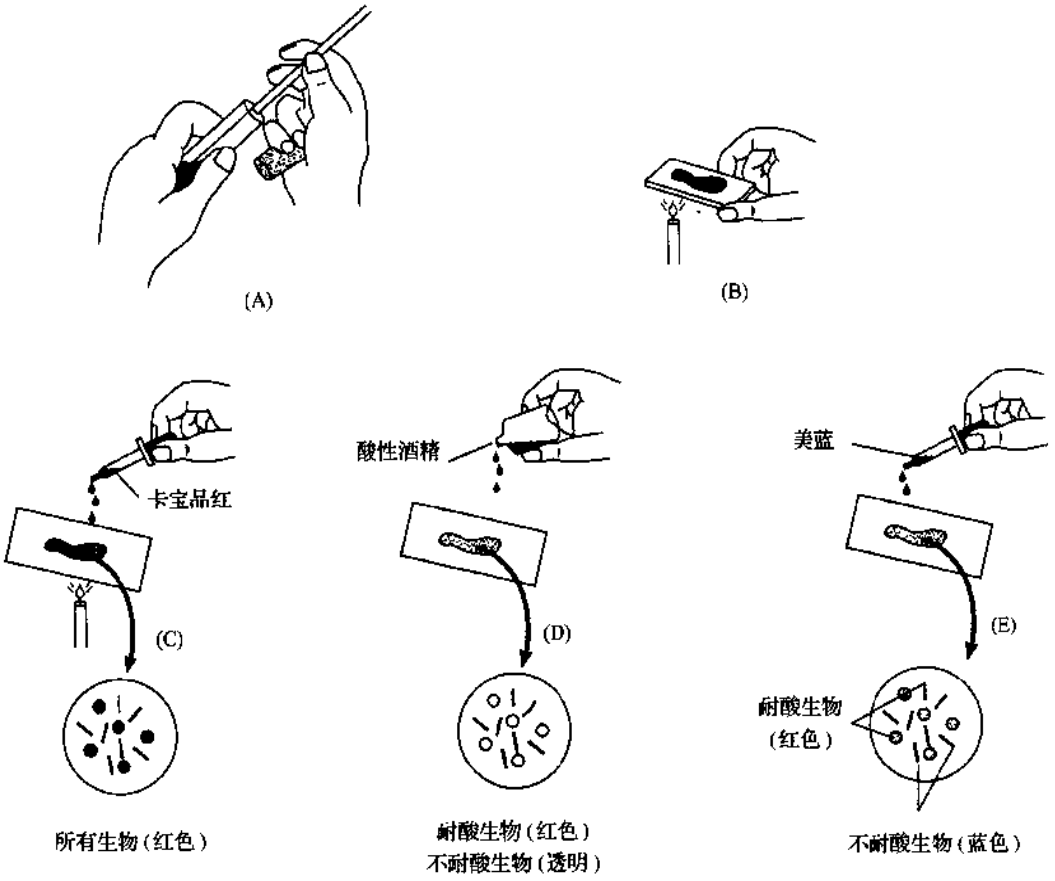


图 20-2　耐酸技术。(A)从培养试管中取细菌；(B)置于玻片上并加热固定；(C)用石炭酸品红覆盖涂片，所有的微生物均被染色；(D)加入酸性乙醇，耐酸的微生物保持染上的颜色；(E)加入负染料使非耐酸微生物着色。耐酸微生物保持原来的红色染料。

20.12 为什么结核病有时称肺结核?

结核病有时称为**肺结核**(consumption)是因为肺被不停生长和繁殖的细菌所"消耗"。细菌不产生毒素,但在它们繁殖时,随着含有许多死细胞的病灶的发展会导致急性感染。这种病灶叫做**结核(结)节**(tubercle)。它是柔软、干酪样的,有坚硬的边界,后者能在X射线透视片上显示出来;叫做**冈氏复征**(Ghon complex)。如果病灶破裂,细菌就散布到呼吸系统和其他器官中。这种症状叫做**粟粒性结核**(miliary tuberculosis)。

20.13 用什么药物治疗结核病?

多年前,用链霉素能有效地治疗结核病,但副作用是经常发生听觉机能的损伤。现代医学中,最常使用的药物是**异烟酰肼**(isonicotinic acid hydrazide, INH),又称为**异烟肼**。结核分枝杆菌的某些新菌株显示出对该药的抗性,但现在的治疗方法包括利福平、乙胺丁醇、吡嗪酰胺和对氨苯甲酸水杨酸(PAS)等药物。为了达到有效的治疗,必须持续一或几年,因为这种杆菌生长非常缓慢,有可能躲在巨噬细胞中。

20.14 结核菌素试验在结核病的诊断中有什么作用?

结核菌素皮肤试验是用来确定一个人是否已染上结核分枝杆菌或结核抗原的一种快速筛选反应。将结核分枝杆菌的一种蛋白质衍生物(叫做纯化蛋白衍生物PPD)浅浅地注射到上皮层中。如果发生Ⅳ型超敏反应,并出现隆起的发痒的条痕,认为反应是阳性。这就是**Mantoux(结核菌素)试验**(Mantoux test)。然后患者应做耐酸检测、胸部X射线透视和其他测试。

20.15 结核病在美国的普遍程度如何?

在现代医学中,美国每年有大约30 000例结核病。对结核病的正常抵抗力集中在T淋巴细胞的作用,因为**HIV感染**的人中这些细胞被胺坏,对结核病的基本防御能力就减弱了。因此,在这些人中结核病是一种常见的机会性传染病。此外,结核分枝杆菌中某些菌株的耐药性加重了对结核病的担忧。

20.16 有没有可能对结核病进行免疫?

抗结核的疫苗叫做**BCG**,即**卡介苗**(bacille Calmette Guerin),亦即结核菌苗。这种疫苗含有引发牛的结核病的一种分枝杆菌菌株。菌株被减毒,相信它不会引起人的疾病。虽然这种疫苗在世界其他地方使用,但在美国使用不广泛,因为诊断和治疗方法都已成熟。

20.17 分枝杆菌属的其他种能引起类结核病感染吗?

分枝杆菌属的两种菌株是重要的类结核感染的病因。牛分枝杆菌(*Mycobacterium bovis*)能引起**牛结核**(bovine tuberculosis),而且这种微生物可以通过生牛奶传播。在人的肺中可产生类结核病的疾病,因此巴斯德消毒在预防传染中非常重要。鸟分枝杆菌(*Mycobacterium avium-intracellulare*)引起一种叫做**分枝(杆)菌病**(mycobacteriosis)的肺部感染,又以该微生物命名为**MAI病**(MAI disease)。患有HIV感染和AIDS的人对这种病易感。

20.18 什么细菌引起白喉,这种病在美国是否常见?

白喉在美国是一种罕见疾病,每年大约有十数例。它是由白喉棒杆菌这种球棒状的革兰氏阳性杆菌引起的。这种微生物含有盛满磷酸盐的**异染粒**,用甲基蓝染色可变红,这是该微生物的特征迹象。

20.19 与白喉相关的症状是什么?

一旦进入上呼吸道,白喉棒杆菌就产生外毒素,外毒素干扰上皮细胞中的蛋白质合成并引

起细胞恶化。损伤细胞、杆菌、白细胞和其他外来物质在呼吸道积聚并形成一层**假膜**（pseudomembrane），堵塞气道并且可能导致窒息。图 20－3 显示了这一症状。其他器官比如心脏、神经系统和肾也可能受到影响。用白喉抗毒素和抗体治疗有效。

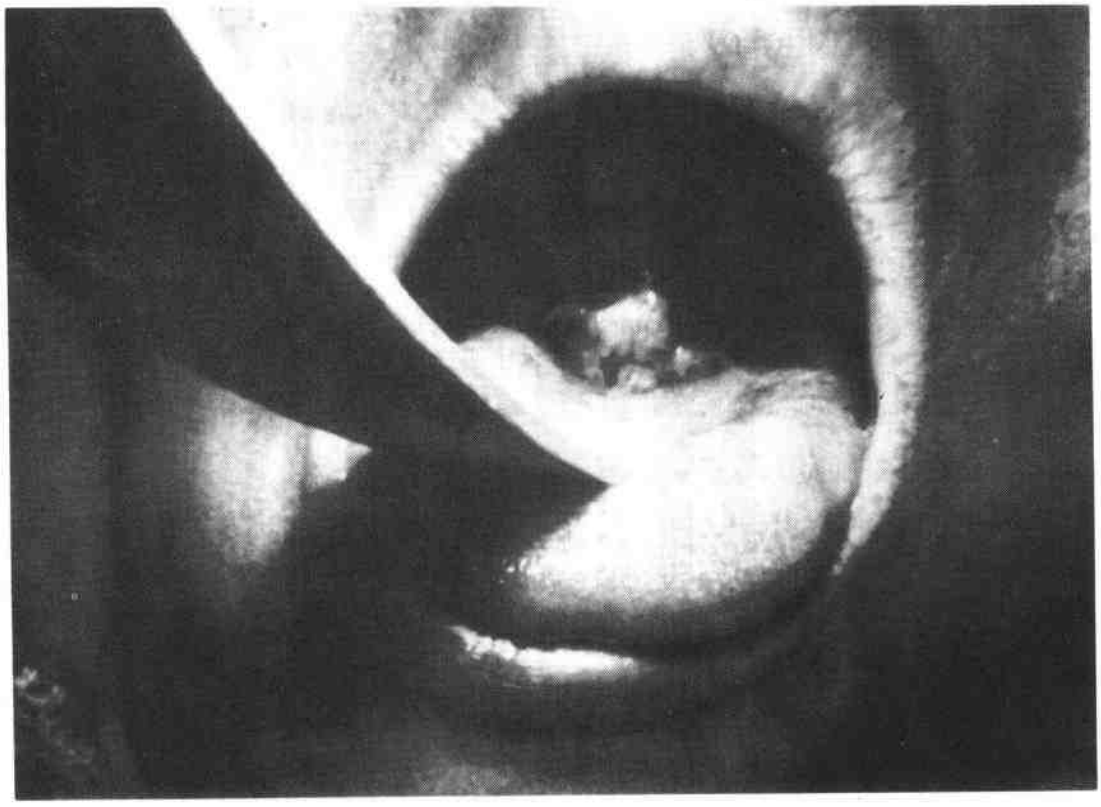


图 20－3　咽喉内部的情景，显示患白喉的个体的假膜。

20.20　白喉疫苗包含什么物质？

DPT 疫苗中的 D 代表白喉。所用的物质是一种化学处理过的白喉毒素。这种化学物质使毒素变成类毒素，它能诱发免疫反应但对身体组织不产生毒性作用。

20.21　细菌性肺炎是由哪几种细菌造成的？

名词**肺炎**（pneumonia）用于表示由化学物质或微生物感染引起的肺部组织炎症。在细菌中，有几个种可能是细菌性肺炎的病原菌：肺炎链球菌、金黄色葡萄球菌、肺炎克雷伯氏菌以及流感嗜血菌。肺炎如果感染的是肺的一个叶就是**大叶性肺炎**（lobar pneumonia），**双侧肺炎**（double pneumonia）涉及肺的两叶，**支气管性肺炎**（bronchial pneumonia）涉及支气管和细支气管，**行走性肺炎**（walking pneumonia）是指轻微的肺炎。

20.22　细菌性肺炎最常见的原因是什么？

成人中最常见的肺炎类型可能是由肺炎链球菌（俗称肺炎球菌，pneumococcus）引起的**肺炎球菌性肺炎**（pneumococcal pneumonia）。患者的症状包括剧烈的寒战、高烧、极度胸痛、咳嗽和铁锈色的痰。使用青霉素或相关抗生素的疗法是治疗该病的有效方法，如不用抗生素，其死亡率会很高。在许多病例中，链球菌已经存在于患者的上呼吸道，当免疫系统机能降低或者身体组织受损，比如患流感时，就会发病。

20.23 有没有肺炎球菌性肺炎的疫苗?

对那些易患肺炎球菌性肺炎的个体,可以给予含有多糖的疫苗。有将近 100 种肺炎球菌菌株能引起肺炎,疫苗大约含有 25 型来自肺炎球菌的多糖。

20.24 非典型性肺炎的含义是什么?

非典型性肺炎是由那些不同于"典型"细菌种类的微生物引起的,因为它们有某些不寻常的特性或者很难从被感染的患者那里来进行培养。非典型性肺炎可能由衣原体、病毒或支原体的某些种类引起。

20.25 支原体性肺炎的病原菌是什么?

支原体性肺炎 (mycoplasmal pneumonia)是由一种没有细胞壁的亚显微细菌——肺炎支原体引起的。用普通的光学显微镜看不到这种微生物,因此它们没有革兰氏反应。支原体通过空气中的液滴传播,可以在实验室中进行培养,其菌落具有"油煎蛋"的外形。

20.26 支原体性肺炎的特有类型是什么?

支原体性肺炎一般是轻度感染,经常被称为**行走性肺炎**,因为多数患者还可以走动。这种疾病通常伴有低热和轻微的咳嗽,一般推荐使用红霉素进行治疗。支原体性肺炎被称为**原发性肺炎** (primary pneumonia,即非典型性肺炎)是因为它是传染性的,而继发性肺炎由已存在于体内的微生物发展而来。

20.27 什么类型的疾病是军团杆菌病?

军团杆菌病是由细菌感染肺组织引起的一类肺炎。患者表现为高烧、打寒战、剧烈头疼和胸口痛。休克和肾衰竭可能导致死亡。

20.28 军团杆菌病是如何得名的,其病原菌是什么?

军团杆菌病的名字来源于美国退伍军人协会在 1976 年费城会议期间的爆发的一次疾病,病原菌是一种革兰氏阴性杆菌——侵肺军团菌。这种微生物生活在水中,通过微风和阵风传播,然后被吸入呼吸道。可以用红霉素来治疗该病。这种微生物还能引起一种叫做 **Pontiac 热** [Pontiac fever,(军团菌) 热,**庞蒂亚克热**]的非常相关的疾病。

20.29 哪种呼吸道疾病是由衣原体属的菌种引起的?

人们已经知道衣原体属的菌种能引起两种呼吸疾病。肺炎衣原体(*Chlamydia pneumoniae*)引发**衣原体性肺炎**,这是一种与支原体性肺炎相像的传染性肺炎。鹦鹉热衣原体引起**鹦鹉热**,一种发生在鹦鹉、长尾小鹦鹉以及其他鸟类比如鸭子、鸽子和海鸥中的呼吸道疾病。这种病又称**鸟疫** (ornithosis),伴有类似流感的症状。这两种衣原体疾病都用四环素治疗。

20.30 衣原体的某些典型特性如何?

呼吸道疾病涉及到的衣原体是一些极小的细菌,用光学显微镜看不到。它们生活在细胞内,有一个复杂的繁殖周期,包括形成颗粒样的叫做**原体**的包含体。原体变成**网状体**,然后再变回原体。然后它们离开宿主细胞,如图 20-4 所示。

20.31 有没有参与呼吸道疾病的立克次氏体?

有一种立克次氏体——伯氏考克斯氏体能引起叫做 **Q 热**的流感样的疾病。Q 热通过呼吸飞沫以及虱子和生牛奶传播,表现为发烧、胸痛、剧烈头疼和其他呼吸方面的迹象。这种病

在症状上和支原体性肺炎也相像。

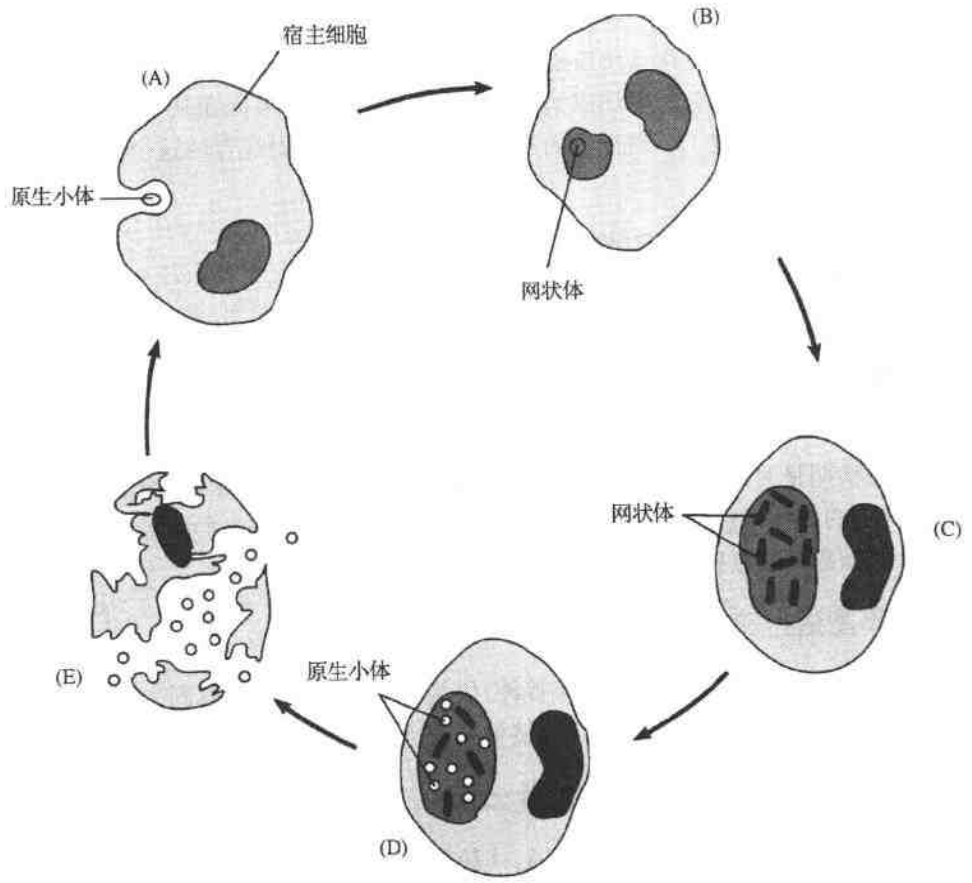


图 20-4　衣原体的生活周期。(A)衣原体以原体形式侵入宿主细胞;(B)它转变为网状体;(C)网状体长大、分裂并形成无数网状体;(D)网状体转变为许多原体;(E)宿主细胞发生裂解,原体被释放。这些就是新的衣原体。

病毒性疾病

20.32　什么病毒引起感冒?

感冒不止一种病因。相反,许多不同的病毒都能引起这个症状,其中有鼻病毒、冠状病毒和腺病毒。**鼻病毒**(rhinovirus)是感冒的最常见原因,引起绝大多数的头疼。**冠状病毒**(coronavirus)引起支气管炎、轻微的肺炎和某些肠胃炎。**腺病毒**一般导致呼吸道中部的感染以及眼睛感染和某些病毒性脑膜炎。

20.33　感冒的常见症状如何?

感冒一般有一个短暂的 3～4 天的潜伏期。症状包括头疼、咳嗽、嗓子疼、大量打喷嚏和鼻塞,以及低到中等热度。

20.34　为什么没有感冒疫苗?

因为有非常多的病毒能引起感冒,不可能开发出一种疫苗来预防感冒。鼻病毒、冠状病毒和腺病毒都有几百种菌株能引起感冒的症状。多数疗法都是对症治疗直至症状消失。

20.35　哪种病毒能引起流感?

流感(influenza)是由一种 8 段的 RNA 病毒引起的。每段通过蛋白质结合在一起,8 段包含在一个带刺突的被膜中。在刺突中发现了叫做血凝素(H)和神经氨酸酶(N)的两种抗原。流感病毒的 H 和 N 抗原各不相同,这造成了我们社会中有许多流感菌株。

20.36 就流感病毒而言什么是抗原性转变?

H 和 N 抗原中发生的变化是**抗原性转变**(antigenic shift)的例子。抗原性转变产生了流感病毒不断改变的菌株,这是每年爆发流感的原因。例如,人体可能在某年产生了针对特定菌株的抗体,不料下一年出现了新菌株。因为前一年产生的抗体对病毒的这个菌株无效,患者要再一次遭受流感的袭击。

20.37 流感病毒是如何命名的?

病毒是根据存在哪种 H 和 N 抗原来命名的,如 H3 和 N2。另外,流感病毒分为 A、B 或 C 型。因此,一种流感病毒可能被命名为 A(H3N3)。

20.38 感染了流感病毒有没有什么特征性的迹象?

流感的潜伏期是两天。然后患者症状表现为高烧和肌肉酸痛,咳嗽、嗓子疼以及肠紊乱。在这期间,肺内的积液可能导致细菌性肺炎,后者可能造成死亡。这时可给予抗生素来排除这种可能性。抗病毒药物**金刚胺**也能减弱流感的症状。

20.39 能不能进行流感免疫接种?

注射流感疫苗是可能的,但必须每年接种,因为每年出现的菌株不同。易患流感的人,如免疫系统机能降低或肺受损的人特别应当接种疫苗。

20.40 流感和副流感的主要区别是什么?

副流感(parainfluenza)病毒含有 RNA,一般在鼻子和嗓子的黏膜中增殖,而流感病毒在下呼吸道增殖。副流感病毒经常引起**哮吼**(croup),即嘶哑的咳嗽。咽部变肿,咳嗽呈现高音咆哮的特征。相对流感病毒的多种菌株,只有四种不同的副流感病毒。

20.41 什么是 RS 病毒,它能引起什么疾病?

名词 RS 病毒代表**呼吸道合胞病毒**(respiratory syncytial virus),它是一种 RNA 病毒。这种病毒使培养细胞黏结成一个大的无功能块。在儿童或婴儿中,RS 病毒引发**病毒性肺炎**(viral pneumonia),该病死亡率极高。在成人中,RS 病毒主要在上呼吸道中繁殖,危害性较低。

20.42 汉坦病毒能引起呼吸道症状吗?

20 世纪 90 年代中爆发了几次汉坦病毒(hantavirus)引起的传染病。1994 年美国西南部发生了一次有名的流行病。该病被称为"four corners disease",伴有病毒性肺炎和大出血。啮齿类动物经常与该病有关,汉坦病毒感染是间歇发作的。

真菌和原生动物疾病

20.43 山谷热的病原菌是什么?

山谷热(valley fever)是与真菌——粗拟球孢菌(*Coccidioides immitis*)相关的一种呼吸道疾病。真菌孢子见于美国西南部,由空气传播而转移到肺中。它们导致的疾病被称为山谷热是因为该病发生在加州的 San Joaquin 谷,其专业名称为**球孢子菌病**(coccidioidal mycosis)。

20.44 球孢子菌病的特征症状是什么?

球孢子菌病患者症状表现为发烧、咳嗽和体重下降,并伴有剧烈的胸口疼。多数患者能康复,但少数病例中在患者体内散布进行性疾病。该病与结核病相像,经常误诊成这种病。微生

物的特征性表现是一种叫做**小球体**（spherule）的小体，它含有内孢子。观察到它可以协助诊断。

20.45　什么类型的疾病是由荚膜组织胞浆菌（*Histoplasma capsulatum*）引起的？

荚膜组织胞浆菌是一种土壤真菌，它造成**组织胞浆菌病**，又称为**组织浆菌病**（Darling's disease）。在河谷如密西西比和俄亥俄山谷中，孢子被吸入肺，在此形成可通过 X 射线检查到的病灶。图 20－5 显示了这种微生物在体组织中的典型外貌。

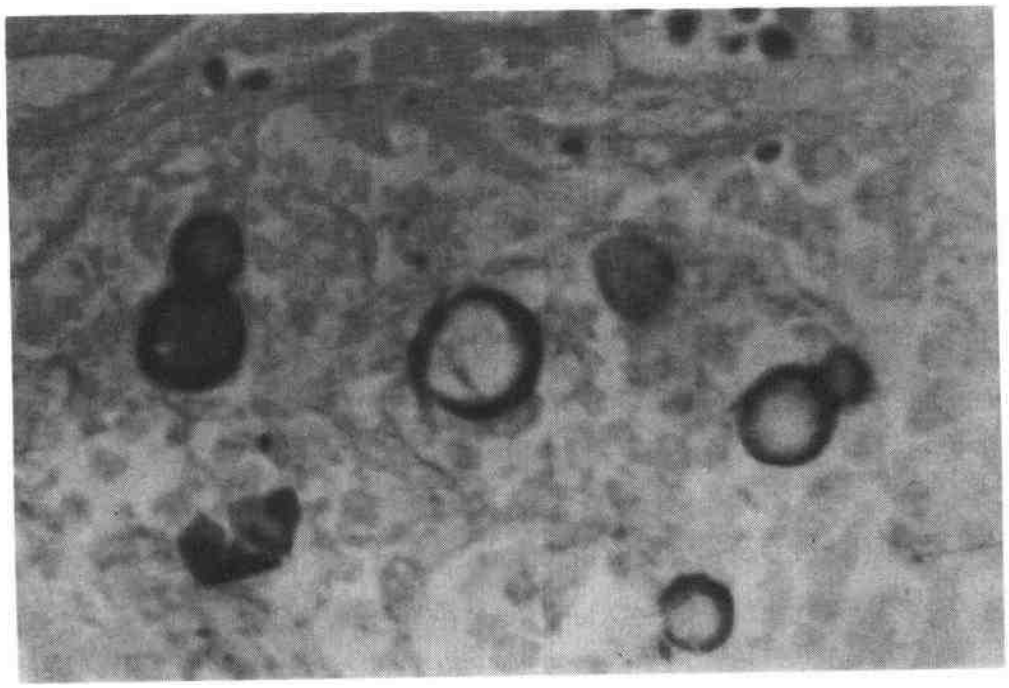


图 20－5　肺组织中见到的荚膜组织胞浆菌。微生物呈现酵母形态，细胞黏在一起与 8 字相像。

20.46　组织胞浆菌病在特定个体中可能是一种严重的疾病吗？

一般来说，组织胞浆菌病是一种较轻的疾病，但它在免疫系统被抑制的人中（比如 AIDS 患者）可能很严重。在这些个体中，微生物扩散到其他器官如淋巴结、肝和脾中，疾病可能是致命的。可以用一种叫做**两性霉素 B** 的药物来进行治疗。带有干的鸡粪和干的蝙蝠粪的空气含有荚膜组织胞浆菌。

20.47　酵母病可能是呼吸道疾病吗？

酵母病通常是皮肤病，但也可能发生在肺中。在这种情况下，它伴有轻微的呼吸道症状，然而在免疫系统功能受损的人中，该病可能扩散。作为一种肺部传染病，这种疾病一般由于吸入的孢子而染上。

20.48　酵母病的病原菌是什么？

酵母病是由真菌——皮炎芽酵母（*Blastomyces dermatitidis*）引起的。这种微生物广泛存在于密西西比山谷中，是一种土壤微生物。如果皮肤与土壤中的这种微生物发生接触，可能导致皮肤溃疡。两性霉素 B 用于治疗严重的感染。

20.49　有没有参与呼吸道疾病的机会性致病真菌？

除了已经明确的一些病原菌，有几种真菌在有机会感染组织时也能导致疾病。这些真菌

称为机会性致病真菌。它们能在移植治疗中使用免疫抑制药物的人、AIDS 患者中或当大量孢子侵入体内时引发疾病。机会性致病真菌的例子包括烟曲霉(*Aspergillus fumigatus*)、毛霉属(*Mucor*) 和根霉属的一些种。

20.50 有没有能引起呼吸道疾病的原生动物?

最严重的呼吸道疾病是由原生动物卡氏肺囊虫引起的。这种生物侵入 AIDS 患者的肺组织,是 50%以上与 AIDS 相关的死亡的原因。原生动物占据所有的气体空间,阻止气体交换并且通常由于实变和窒息导致死亡。在该病中许多小泡膜还会破裂。这种病通常称为**卡氏肺囊虫肺炎** (*Pneumocystis carinii* pneumonia)或肺囊虫性肺炎。

20.51 肺囊虫性肺炎有什么治疗方法?

对于肺囊虫性肺炎的成熟病例,用**戊烷脒** (pentamidine isethionate)治疗患者。也有其他药物可用。对于 HIV 感染的人,经常用戊烷脒的气雾剂来防止发生肺囊虫性肺炎,因为卡氏肺囊虫是一种常见的肺部栖息菌。

20.52 为什么有时把卡氏肺囊虫看作真菌?

卡氏肺囊虫是原生动物还是真菌,没有统一的看法。分析其 RNA 表明与真菌有关系,但是这种生物的生命周期的行为与原生动物更相似。除非达成最终决定要改变其分类,卡氏肺囊虫应看作是原生动物。

20.53 肺病中是否涉及多细胞的寄生虫?

有一种多细胞寄生虫——**肺吸虫** (lung fluke)在世界上很多地方引起疾病,尤其是亚洲。其病原菌是卫斯特曼氏并殖吸虫(*Paragonimus westermani*)。这种生物从蟹肉或小龙虾肉被带入体内,然后寄生虫进入组织并定居在肺中。被感染的患者症状表现为慢性咳嗽、呼吸困难,在某些病例中痰中带血。

复 习 题

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 结核病是由叫做结核分枝杆菌的_____杆菌引起的。
2. 肺炎支原体是一种亚显微细菌,没有_____,已知它是支原体性肺炎的病因。
3. 用于治疗肺部真菌感染如组织胞浆菌病的药物是_____。
4. 那些溶解_____并导致脓毒性咽喉炎的链球菌叫做β-溶血性链球菌。
5. DPT 疫苗和 DTaP 疫苗提供对白喉、破伤风和_____的抵抗力。
6. 异烟肼广泛地用于治疗_____,又叫做异烟酰肼。
7. 肺吸虫又称_____,通常在人们食用贝类时带入体内。
8. 虽然卡氏肺囊虫通常被看作是一种_____,某些证据表明它可能是真菌。
9. 现在知道"four corners disease"是由汉坦病毒引起的,后者通常通过_____传播。
10. _____现象产生了流感病毒的不同菌株,并且造成每年爆发流感。
11. 不可能开发出一种感冒_____,因为许多不同病毒都能引起这个症状。
12. 在军团杆菌病中,细菌感染_____组织时引起肺炎。
13. 肺炎球菌性肺炎是一种严重的细菌性肺炎,由_____ *pneumoniae* 菌引起。
14. 白喉的病原菌产生_____,它们干扰上皮细胞中的蛋白质合成。
15. 一种叫做_____的立克次氏体导致类似流感的疾病即 Q 热。
16. 呼吸道疾病鹦鹉热影响鹦鹉、长尾小鹦鹉以及其他鸟类,又叫做_____。

17. 已知 MAI 病是由_____的一个种引起的。
18. 导致百日咳的细菌是通过呼吸_____在个体间扩散的。
19. 抗病毒药物_____可以用于减少流感的症状。
20. 称为_____的呼吸道疾病与真菌粗球孢菌相关。
21. 组织胞浆菌病，又叫做_____，发生在河谷如密西西比和俄亥俄山谷中。
22. 有_____肺炎的 AIDS 患者一般用戊烷脒羟乙磺酸盐来治疗。
23. 红疹毒素损伤身体的毛细血管，导致血液渗入皮肤组织，形成粉红色_____皮疹。
24. _____试验是一种结核菌素试验，其中将 PPD 注射到上皮层。
25. 在 DPT 疫苗中用于免疫抗_____的物质含有化学处理过的毒素。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 引起百日咳的生物是(　)。　(a)真菌　(b)大的革兰氏阳性杆菌　(c)小革兰氏阴性杆菌　(d)病毒
2. 下列说法都符合结核病，除了(　　)之外。　(a)用 DPT 疫苗进行免疫　(b)致病菌是耐酸的　(c)这种病有时称为肺结核(consumption)　(d)播散性结核病称为粟粒性结核
3. 在呼吸道中形成并阻塞气道，诱发窒息的假膜是(　　)。　(a)猩红热　(b)酵母病　(c)白喉　(d)感冒的特征征兆
4. 以下疾病都有疫苗，除了(　　)之外。　(a)肺炎球菌性肺炎　(b)百日咳　(c)白喉　(d)弓形体病
5. 衣原体疾病一般用抗生素(　　)治疗。　(a)青霉素　(b)四环素　(c)金刚胺　(d)两性霉素 B
6. 冠状病毒、鼻病毒和腺病毒都是可能引起(　　)的病因。　(a)病毒性脑炎　(b)病毒性肺炎　(c)山谷热　(d)感冒
7. 呼吸道合胞病毒是(　　)的可能病因。　(a)结核病　(b)病毒性肺炎　(c)白喉　(d)脓毒性咽喉炎
8. 山谷热是常见于(　　)的一种真菌疾病。　(a)密西西比和俄亥俄山谷　(b)洛基山山谷　(c)美国西南部　(d)东北部山谷
9. 带有干鸡粪或蝙蝠粪的空气是(　　)的一种可能传播方式。　(a)结核病　(b)组织胞浆菌病　(c)肺囊虫性肺炎　(d)感冒
10. BCG 制品含有用于免疫抗(　　)细菌菌株。　(a)猩红热　(b)结核病　(c)流感　(d)酵母病
11. 下列哪种说法符合猩红热：(　　)。　(a)它是由棒杆菌属的种引起的　(b)它是一种病毒性疾病　(c)它是真菌疾病　(d)它是由化脓链球菌引起的
12. 以下关于结核病的说法都对，除了(　　)之外。　(a)治疗中使用青霉素　(b)用 Mantoux (结核菌素)试验做快速筛选检测　(c)肺中的病灶叫做结核(结)节　(d)正常情况下抵抗力集中于 T 淋巴细胞的作用
13. 每年美国发生的白喉病例的数量(　　)。　(a)1000 以上　(b)10 000 以上　(c)非常低　(d)非常高
14. 行走性肺炎通常是指(　　)。　(a)较轻的肺炎　(b)不典型的肺炎　(c)仅真菌性肺炎　(d)由衣原体引起的肺炎
15. 军团杆菌病的病原菌(　　)。　(a)存在于被污染的食物中　(b)通过鸽子粪传播　(c)通常发现于蝙蝠洞中　(d)生活在水中
16. 原体是由(　　)形成的特征性颗粒样包含体。　(a)所有立克次氏体　(b)所有衣原体　(c)所有耐酸细菌　(d)只有革兰氏阴性杆菌
17. 字母 H 和 N 是指与(　　)相关的抗原。　(a)鼻病毒　(b)引起组织胞浆菌病的真菌

(c)汉坦病毒 (d)流感病毒

18. 卡氏肺囊虫引起的肺炎是(　　)的个体中一种重要的死因。 (a)生活在蚊子聚集的陆地 (b)饮用被污染的水 (c)AIDS患者 (d)在医院和实验室工作

19. 嘶哑的咳嗽(Hoarse coughing)又称为哮吼,是(　　)引起的感染的特征性征候。 (a)粗球孢菌 (b)副流感病毒 (c)RS病毒 (d)肺吸虫

20. Darling氏病组织浆菌病是(　　)的另一种表达方式。 (a)鼻子的病毒性疾病 (b)肺的真菌性疾病 (c)上呼吸道原生动物性疾病 (d)咽喉的细菌性疾病

21. 用甲基蓝将异染粒染色,指示是否存在(　　)的致病菌。 (a)病毒性肺炎 (b)山谷热 (c)猩红热 (d)白喉

是非题 判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则替换划线的词进行更正。

__1. 被认为是非致病菌的链球菌是β-溶血性链球菌。

__2. 心内膜炎是心肌的一种疾病,通常与链球菌抗体有关。

__3. 被称为草莓舌的症状是百日咳的特征性征候。

__4. 分枝杆菌的耐酸特性是由于它有非常厚的细胞壁。

__5. 引起结核病的生物能产生许多毒素。

__6. 可以用叫做DPT的减毒的细菌菌株来免疫预防结核病。

__7. 呼吸道中有假膜是结核病的特征性征候。

__8. 可能在美国最常见类型的成人肺炎是支原体性的。

__9. 与军团杆菌病相关的原发性感染发生在肺组织中。

__10. 原体是与立克次氏体存在的颗粒样包含体有关。

__11. Pontiac热(军团菌热或称庞蒂亚克热)是一种呼吸道感染,与Q热最相关。

__12. 编号A(H3N2)最可能与呼吸道合胞病毒有关。

__13. 发生在加州San Joaquin谷的山谷热是由细菌衍生的孢子引起的。

__14. 青霉素广泛用于治疗真菌引起的疾病。

__15. 50%以上与流感相关的死亡是由卡氏肺囊虫造成的肺部感染引起的。

(洪 龙译)

第21章 消化系统的微生物疾病

内　容

消化系统的微生物疾病与食品及食物的代谢有关，食物中可能含有具有感染性的微生物或它们产生的毒素。如本章所述，这两种情况都能在体内诱发疾病。本章的内容是：

1. 认识肠道中常见的微生物菌群所起的有益作用。
2. 确认牙周病和龋齿的某些重要特征，以及引起这些疾病的微生物名称。
3. 以葡萄球菌食物中毒为例，描述食物引起的人体中毒，并阐明可能涉及的微生物。
4. 概述具有典型食物中毒感染类型的沙门氏菌的传播模型和症状。
5. 比较伤寒、细菌性痢疾和霍乱等肠道疾病的病原体、典型症状及治疗。
6. 阐明由空肠弯曲细菌、耶尔森氏菌和大肠杆菌等一些鲜为人知的细菌引起的肠道病。
7. 解释在十二指肠溃疡的形成中，细菌的介入过程。
8. 概述各型感染人类肝脏的病毒性肝炎，着重介绍各型肝炎的症状和免疫性。
9. 描述肠道原生动物疾病，如贾第虫病、阿米巴病和隐孢子虫病的重要特征。
10. 确定消化系统疾病形成过程中绦虫、肝蛭(吸虫)和线虫的重要理论和问题。

原理和问题

21.1　微生物在消化系统的哪一部分最易定居?

在消化系统的一些部位，如胃和小肠的第一部分，因酸性环境和酶的存在，仅有比较少的微生物菌群存在。但在口腔内存在种类很多的微生物，在小肠的后半部分及大肠中也存在大量的微生物菌群。例如，1g 粪便中含有细菌的数量达 1000 亿个。

21.2　消化系统中的微生物能起有益的作用吗?

肠道微生物能起到一些重要的作用。可产生维生素 K 等各种生长因子。它们消化人体难以消化的物质，使营养物为机体细胞所利用。它们通过利用病原微生物所需的养分及产生一些抑制病原菌生长的化学物质，来控制病原微生物。

细菌性疾病

21.3　微生物在龋齿形成中起什么作用?

口腔中，微生物在**齿斑**(dental plaque)中积累，大量有机物在靠近牙釉质处形成。在齿斑内部，口腔细菌以蔗糖之类的碳水化合物发酵产生大量酸。酸会引起牙釉质脱钙，而当釉质分解掉时，牙上就会出现空洞。

21.4　引起龋齿细菌黏最在齿斑上的原因最什么?

龋齿细菌(cariogenic bacteria)就是引起龋齿的一类细菌，这些细菌产生一种被称为**右旋糖苷**(dextran)黏多糖，它能使细菌黏着。右旋糖苷来自单糖化合物葡萄糖和果糖的代谢，而

它们又来自蔗糖的水解。

21.5 哪些是最重要的龋齿微生物?

最重要的龋齿细菌是变异链球菌(*Streptococcus mutans*)等链球菌属的细菌。其他龋齿细菌有唾液链球菌(*S. salivarius*)和血链球菌(*S. sanguis*)以及一些丝状菌和各种艾肯氏菌属(*Eikenella*)和乳杆菌属(*Lactobacillus*)的一些种。

21.6 牙周病与龋齿一样吗?

龋齿是牙釉石和牙自身的一种疾病,而**牙周病**(periodontal disease)是发炎与支持牙齿的韧带骨骼受侵蚀的综合结果。在牙周病发生过程中,牙龈退化、并且有时会导致坏疽,当周围的骨骼及韧带侵蚀后,牙齿就松动(图 21-1)。在多数情况下,保护和支持牙根的牙骨质也被损坏。症状轻时,牙周病称为牙龈炎;症状严重时,称为**急性坏死性溃疡牙龈炎**(acute necrotizing ulcerative gingivtis, ANUG),也称**战壕口腔牙龈炎**(trench mouth)。

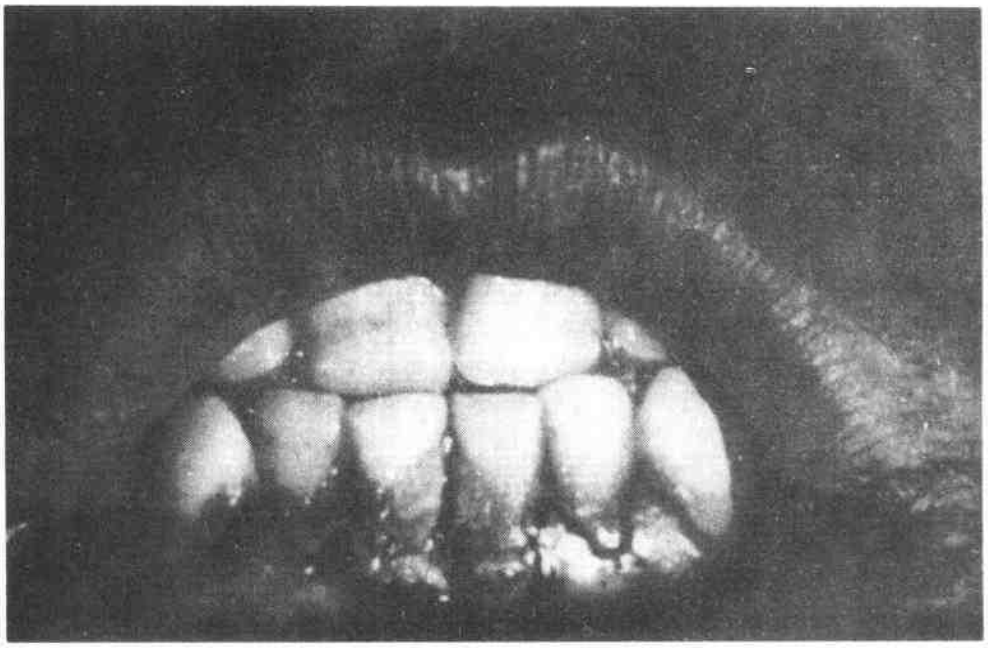


图 21-1　牙龈损坏、牙受侵蚀的牙周病病人牙齿的照片。

21.7 引起牙周病的微生物有哪些?

一些革兰氏阴性杆菌能导致牙周病,包括拟杆菌属、艾肯氏菌属和真杆菌属(*Eubacterium*)的一些种。一种称为梭杆菌属的长茅状厌氧短杆菌也可能与牙周病有关,密疏螺旋体属(*Treponema*)以及放线菌属(*Actinomyces*)在一定条件下与牙周病也有关。

21.8 口腔主要感染哪种病毒性疾病?

副黏液病毒(paramyxovirus)感染唾液腺导致**腮腺炎**(mumps)。病毒感染腮腺或唾液腺,引起组织肿胀,使皮肤覆在腺体上。此病也称为**流行性腮腺炎**(epidemic parotitis)。这种病例在美国很少,因为可接种用麻疹-腮腺炎-风疹(measles-mumps-rubella, MMR)制备的减毒病毒疫苗。

21.9 腮腺炎在哪个年龄段容易发生?

腮腺炎是 10 岁以下儿童的常见病。但病毒也会影响成年人群,在青春后期的男性中(in post-pubic male,也称后耻骨男性),此病常伴随睾丸发炎[**睾丸炎**(orchitis)]。也有极少数不

育的病例。

21.10　消化道的感染和中毒有何不同?

消化道的微生物疾病可分为两大类:中毒和感染。**中毒**是病原性细菌产生的在摄入的食物中累积的毒素引起。而**感染**则是细菌在消化道内部生长时引起的。通常,感染发展的时间比中毒长,即其潜伏期更长,感染反应也比中毒持续时间长。

21.11　人体中食物性中毒的例子是什么?

人体中发生最普遍的中毒例子之一是**葡萄球菌食物中毒**。这种病是由于摄入金黄色葡萄球菌在污染的食物中产生的内毒素引起的。葡萄球菌耐热、耐干燥、耐盐,使得它能在食物中生长。经过长时间的冷藏,细菌可以蓄积其毒素,未经充分加热而被食用,毒素就可能进入消化道。

21.12　葡萄球菌食物中毒的症状是什么?

葡萄球菌毒素进入机体被黏膜吸收引起组织破坏,并导致腰疼、恶心、呕吐和腹泻(但不发烧)。潜伏期仅短短几个小时,症状持续至多 8 小时。一般能完全恢复,因为不能产生免疫性,所以以后还有可能患上此病。在实验室,可以通过在生长有金黄色葡萄球菌的平板上滴上各种不同的噬菌体,然后用观察噬菌体在哪里繁殖的方法来鉴别金黄色葡萄球菌,如图 21-2 所示。

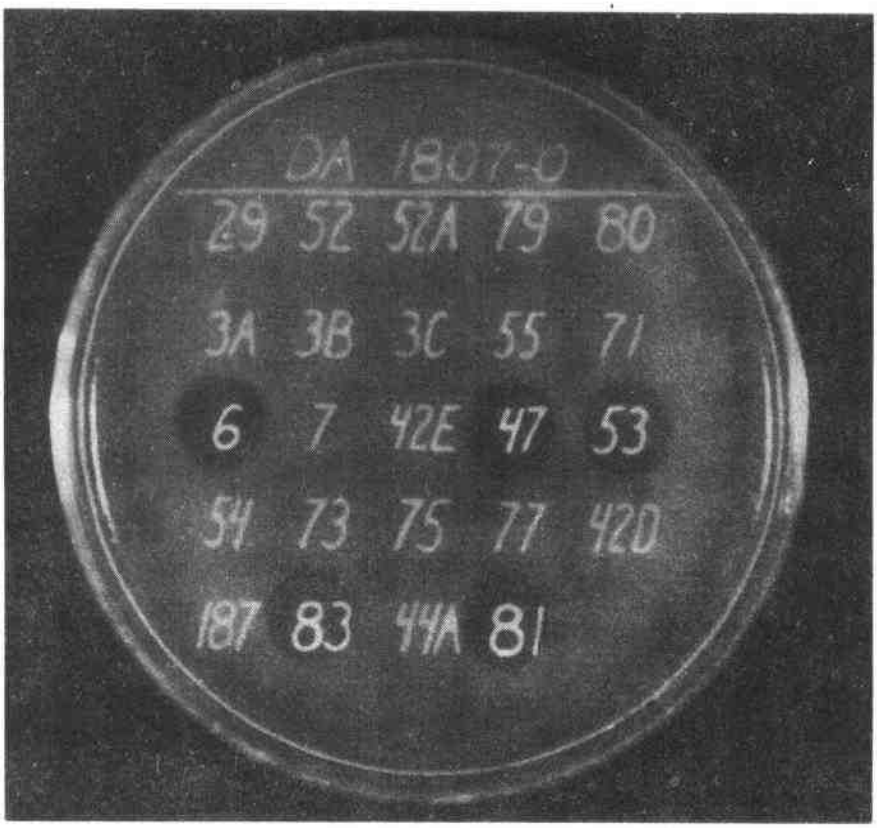


图 21-2　金黄色葡萄球菌的鉴定方法。细菌培养在营养平板上,在不同区域滴上各种噬菌体,观察哪一种噬菌体和葡萄球菌相互作用。清亮的区域说明特异的噬菌体在葡萄球菌上增殖并破坏细胞。此法可鉴别金黄色葡萄球菌。

21.13　除金黄色葡萄球菌以外,其他细菌能引起食物中毒吗?

革兰氏阳性、产芽孢的杆菌——产气荚膜梭状芽孢杆菌是引起食物中毒的另一种菌。它

在厌氧条件下，如在生肉和长时间保温的肉汤中，能产生毒素。**梭菌食物中毒**（clostridial food poisoing）的症状是腹泻，潜伏期一般比葡萄球菌食物中毒长。其病原体也是引起气坏疽的病因。另一个可能引起食物中毒的细菌是蜡状芽孢杆菌（*Bacillus cereus*），它是革兰氏阳性的好氧芽孢杆菌。这种菌引起食物中毒的主要症状是呕吐和腹泻，通常也与谷物和乳制品有关。由肉毒梭状芽孢杆菌引起的肉毒中毒是一种典型的食物中毒，但它的症状表现在神经系统。这种病已在第 19 章讨论过。

21.14 为什么沙门氏菌食物中毒这个术语用得不正确？

沙门氏菌属（*Salmonella*）的许多种是引起人类食物"感染"而不是食物中毒 。这种病应正确地称作**沙门氏菌病**。与由摄入毒素引起的葡萄球菌食物中毒相比，它的特征是细菌在肠道中大量生长。

21.15 为什么不同的沙门氏菌称为不同的血清型？

在当代微生物学中，能引起沙门氏菌病的沙门氏菌有成百个不同的变种。这些变种称为**血清型**（serological type），而不称为种（specie），原因是采用从体内分离出各种抗体（antibody）来区分的。血清型的命名方法和种的命名方法相同，虽然从技术上讲不确切，但种的术语通常用于沙门氏菌。

21.16 动物是否对沙门氏菌特别敏感？

不同种的沙门氏菌（血清型）存在于鸡、火鸡和家禽的产品，以及这些鸟类的蛋中。因此，沙门氏菌经常与没煮熟的禽类产品和生吃或半熟的蛋有关。沙门氏菌也经常存在于如蜥蜴和小乌龟等爬行类动物中。

21.17 区别沙门氏菌的症状有哪些？

沙门氏菌伴随有腹痛、发烧和腹泻，粪便常带血和黏液。潜伏期大约是摄取食物后 24 小时，病原菌一般侵袭肠黏膜。病人死亡率很低，化验是在大便中检出大量的沙门氏菌，其内毒素引起发烧。在某些情况下，一种更严重的被称为**小肠结肠炎**（enterocolitis）的疾病可能发生。这种病例中，肠道症状会持续几星期，并且是中度严重情况。此病的预防取决于食物和食物制品的卫生处理，以及禽类和蛋类制品的正确烹调。

21.18 哪种沙门氏菌导致伤寒？

伤寒是伤寒沙门氏菌严重感染肠胃消化道引起的。疾病通过污染的食物和水源传播。通常患此病的康复病人仍是带菌者，继续排出杆菌。沙门氏菌是革兰氏阴性棒杆菌。

21.19 伤寒的特别症状有哪些？

伤寒经过大约两个星期的长潜伏期。细菌从肠道进入血液，使人许多组织，引起强烈高烧和剧烈的头痛。躯干上出现"玫瑰斑"，并持续几天。许多患者神志恍忽并有内出血。

21.20 治疗伤寒的药物有哪些？

治疗伤寒的首选药物是氯胺苯醇，也称氯霉素。康复者通常成为长期带菌者，沙门氏菌在胆囊中存留。可能需要摘除胆囊。也可使用头孢曲松和头孢菌素（先锋霉素）等抗生素。

21.21 哪些细菌引起细菌性痢疾？

细菌性痢疾也称为**痢疾**。它由志贺氏菌属的几种菌引起，包括索氏志贺氏菌（*Shigella sonnei*）、弗莱克斯尼尔氏志贺氏菌（*S. flexneri*）、鲍氏志贺氏菌（*S. boydii*）、志贺氏痢疾杆菌

(*S. dysenteriae*)。在污染的食物和水中发现有病原菌,传播途径是通过摄取这些已污染的食物和水。

21.22　细菌性痢疾的共同症状是什么?

细菌性痢疾(痢疾)起因于在肠道中产生一种强毒素——志贺菌毒素(shiga toxin)。该毒素破坏肠黏膜组织,导致大便带血和黏液的严重腹泻。许多病例伴有严重脱水,在这危及生命的疾病中,流质和电解质平衡被破坏。这种病的潜伏期大约 4 天,症状持续一周。

21.23　如何治疗患细菌性痢疾的病人?

及时置换流质和电解质对痢疾患者至关重要。因为近年来许多志贺氏抗性菌株的抗药性不断增强,所以需要将几种抗生素联合使用。康复者往往是带菌者,他们可以通过接触食品和水传播疾病。

21.24　哪种微生物引起霍乱?

引起霍乱的病原菌是霍乱弧菌,它是一种逗号状的革兰氏阴性菌。它有两种生物型,在亚洲尤为普遍,在当地引起多种流行病。

21.25　霍乱的病症是什么?

霍乱菌产生的内毒素结合在肠黏膜上,促使包含在黏液里的大量水分流失。这种病的突出症状就是突然丢失大量流质和电解质,有时达到每天流失好几升。流质的快速流失将导致严重的休克、脱水,在许多情况下甚至死亡。

21.26　霍乱患者需要什么样的治疗?

补充丢失的流质和电解质是霍乱病人康复所必需的。这需要静脉注射,或者服用专门的含盐药片,以保留住体内水分。也可使用抗生素,但与补充流质和电解质相比是第二位的。康复者经常是带菌者,因而当他们污染了食物或水源时,就能感染他人。

21.27　人体的病原菌还有其他种的弧菌吗?

能引起人体肠胃炎的第二种弧菌称为副溶血弧菌。这种菌在东南亚很普遍,并且经常存在于虾、蟹和其他甲壳类鱼上。烹调甲壳类鱼能阻止疾病的传播。此菌感染时经常伴随有呕吐、腹泻和腹痛。

21.28　大肠杆菌能引起人体的肠道感染吗?

几十年来,大肠杆菌在生物化学和生物技术领域是一个很有价值的研究工具。但某些菌株能引起人类疾病。在热带地区,大肠杆菌的一些菌株可以攻击肠道,产生肠毒素。当旅游者在去温暖气候的地区时,常被这些菌株感染患上旅游者腹泻。由于大肠杆菌存在于水和食物中,所以可以通过饮用前煮沸或化学方法处理水,以及彻底加热食物的方法避免感染。

21.29　还有哪些大肠杆菌菌株能引起肠溶血?

近年来,在美国出现肠溶血的大肠杆菌菌株。称为 *E. coli* O157:H7。它在食物中传播。产生志贺样毒素,而引起肠出血。肾脏也能出血,从而导致肾功能衰竭。食品,传别是肉类会传播这种细菌,所以要彻底煮熟食物,才能避免疾病的发生。

21.30　空肠弯曲杆菌弯曲亚种引起何种类型的疾病?

空肠弯曲杆菌弯曲亚种是弯曲状、革兰氏阴性杆菌,能引起一种称为弯曲杆菌病的胃肠

炎。空肠弯曲杆菌在生的、未经巴氏消毒的牛奶及家禽类食品中传播。感染时常常伴随有腹泻、腹痛和恶臭味大便。此病几天后就康复，没有并发症。

21.31 耶尔森氏菌(*Yersinia*)能引起肠道感染吗?

小肠结肠炎耶尔森氏菌(*Yersinia enterocolitica*)能引起人体胃肠炎。它是革兰氏阴性菌，表现两端着色，即染料集中在细胞的两端，使得菌体细胞像一枚安全别针。这种菌引起的疾病称为**耶尔森氏菌病**(yersiniosis)，常伴随剧烈腹痛、腹泻和发烧。大多数情况没有并发症。

21.32 哪种细菌引起肠胃道溃疡?

最近研究表明，幽门螺杆菌能引起**胃溃疡**(peptic ulcer)，也称**胃病综合征**(peptic disease syndrome)。此病使病人胃和十二指肠溃疡，治疗康复需使用数种抗生素。病原菌是革兰氏阴性弯曲杆菌，与空肠弯曲杆菌弯曲亚种类似。

21.33 幽门螺杆菌怎样在胃中强酸性环境下生长?

显然，幽门螺杆菌是通过产生脲酶而在强酸性的胃环境下存活。脲酶分解尿素而生成氨。氨形成氢氧化氨而中和胃中的酸，创造一个弱酸性环境，细菌就可在其中生长了。幽门螺杆菌在人类中的传播途径尚未确立。

病毒性疾病

21.34 哪种病毒引起病毒性胃肠炎?

病毒性胃肠炎(viral gastroenteritis)是指病毒引起的消化道疾病。引起病毒性胃肠炎的病毒一般称为肠道病毒(enterovirus)。肠道病毒中的轮状病毒(rotavirus)，也许是最普遍的病毒性胃肠炎的病因，特别是在儿童中。另一种是诺沃克病毒(Norwalk virus)，此病毒则在各年龄阶段都可引发疾病。上述两种情况下，感染都伴有腹泻和呕吐，症状一般较轻，感染通常能自愈，病情严重时，服药进行再水化(rehydration)作用。

21.35 柯萨奇病毒和人肠道细胞病变孤儿病毒引起何种类型的感染?

柯萨奇病毒(Coxsackie virus)和人肠道细胞病变孤儿病毒群(echovirus)都能引起轻微或严重的损坏细胞的胃肠道感染。人肠道细胞病变孤儿病毒还能感染皮肤组织，引起**皮疹**(exanthem)，而柯萨奇病毒还能引起脑膜炎和**心肌炎**(myocarditis)的心肌病。

21.36 哪种病毒能引起甲肝和乙肝?

甲肝和乙肝都是人类肝脏疾病。**甲肝**(Hepatitis A)是由具有高抗性的 RNA 病毒引起的；而**乙肝**是由非常脆弱的 DNA 病毒引起。甲肝通常是由污染的食物和水传播的(因为病毒在体外环境中仍可保持活性)，而乙肝通常是直接从血液到血液或从精液到血液传播(因为此病毒不能在体外环境下存活)。

21.37 肝炎的一般症状是什么?

多数情况下，肝炎伴有身体不适、恶心、腹泻、厌食和黄疸症状。**皮肤**和白眼球发黄、尿液发暗。肝脏变软并增大，压迫上腹部有痛觉。潜伏期有所不同，甲肝的潜伏期是 1 个月左右，乙肝则为大约 3 个月。所有类型肝炎的治疗都包括避免使肝受酒和脂肪的刺激。抗体疫苗可用于预防肝炎。

21.38 免疫对甲肝和乙肝有效吗?

用遗传工程手段得到的蛋白质片段自 1987 年以来已可用作乙肝疫苗。乙肝疫苗注射三

次，可产生终身免疫来抵抗乙肝。甲肝疫苗用减毒病毒做成，在 1995 年已拿到许可证。

21.39　除甲肝和乙肝外，还有哪种类型肝炎？

除甲肝和乙肝外，还有许多不同类型的肝炎。本书将它们分为丙肝、丁肝和戊肝。这些病毒引起的肝炎统称为**非甲非乙型肝炎** [non-A non-B(NANB) hepatitis]。其他类型的肝炎也存在。这些类型的肝炎还没有像甲肝和乙肝那样深入地研究，也没有疫苗可使用。对非甲非乙型肝炎有些实验室研究，对其他类型则还没有。

21.40　肝炎有长期的影响吗？

乙肝可导致慢性肝脏疾病。乙肝还与肝癌(hepatocarcinoma)有关，因此用免疫方法来对付这种类型的肝炎很重要。

其他微生物引起的疾病

21.41　哪种真菌与人类的胃肠疾病有关？

没有一种真菌能在肠胃道环境下繁殖，因此也就不能引起感染。但有几种真菌能在食物中生长并产生**真菌毒素** (mycotoxin)，摄取这样的食物，真菌毒素可引起人类疾病。

21.42　哪种真菌可在食物中产生真菌毒素？

黄曲霉(*Aspergillus flavus*)可产生真菌毒素。它称为**黄曲霉毒素** (aflatoxin)，可明显地影响肝脏，并导致肝癌。麦角菌产生的真菌毒素称为**麦角毒素** (ergot)，黑麦和小麦植株中可能会有这种毒素，能引起人体发热、幻觉和痉挛。鹅膏属的**蘑菇**也产生有毒的真菌毒素。这种毒素影响肝脏细胞，引起黄疸和呕吐，如果食用毒素达一定数量，可以致死。

21.43　原生动物吸吮贾第虫引起什么类型的肠胃道疾病？

吸吮贾第虫也称肠贾第虫(*Giardia intestinalis*)，是有鞭毛的原生动物，一般由饮用和食用污染的水源和食物进入体内。其形态如图 21 - 3 所示。它引起的感染称为**贾第虫病**，伴有身体不适、恶心、体重减轻和腹泻等症状。它不侵袭肠细胞，但生长在肠道表面，它们生长时，把卵排到粪便中。这些卵再进到另一个体中，从而传播疾病。

21.44　贾第虫病一般是怎样患上的？

吸吮贾第虫通常存在于靠山的污染水源中。因此搬运工人、旅行者和野营者应该意识到它们的存在。这种生物可以感染许多种动物，并把卵通过其粪便排至水中。加氯消毒不能破坏卵，因而水在饮用之前必须煮开，或饮用瓶装水。灭滴灵和阿的平等药物可以用于治疗严重的病人。

21.45　为什么痢疾内变形虫是人类肠道中危险的病原菌？

痢疾内变形虫是一种阿米巴，它能侵袭肠壁，引发**阿米巴变形虫病**(也称**阿米巴病疾**)。它利用其自身的蛋白水解酶来侵袭肠壁，引起深度溃疡，而使肠壁穿孔。脓肿经常扩散到肝和肺，细菌感染溃疡能引起死亡。

21.46　痢疾内变形虫如何躲避胃酸进入肠壁？

由于痢疾内变形虫有**孢囊型**，能抗酸而使它能进入胃环境。**孢囊**是在污染的食物和水中形成的。在肠道中**孢囊**破裂，释放出营养型阿米巴，称为**滋养体**。滋养体引起溃疡，**孢囊** (虫卵)就继续穿过肠道，而存在粪便里。诊断可在大便样品中 (stool sample)观察到孢囊，灭滴

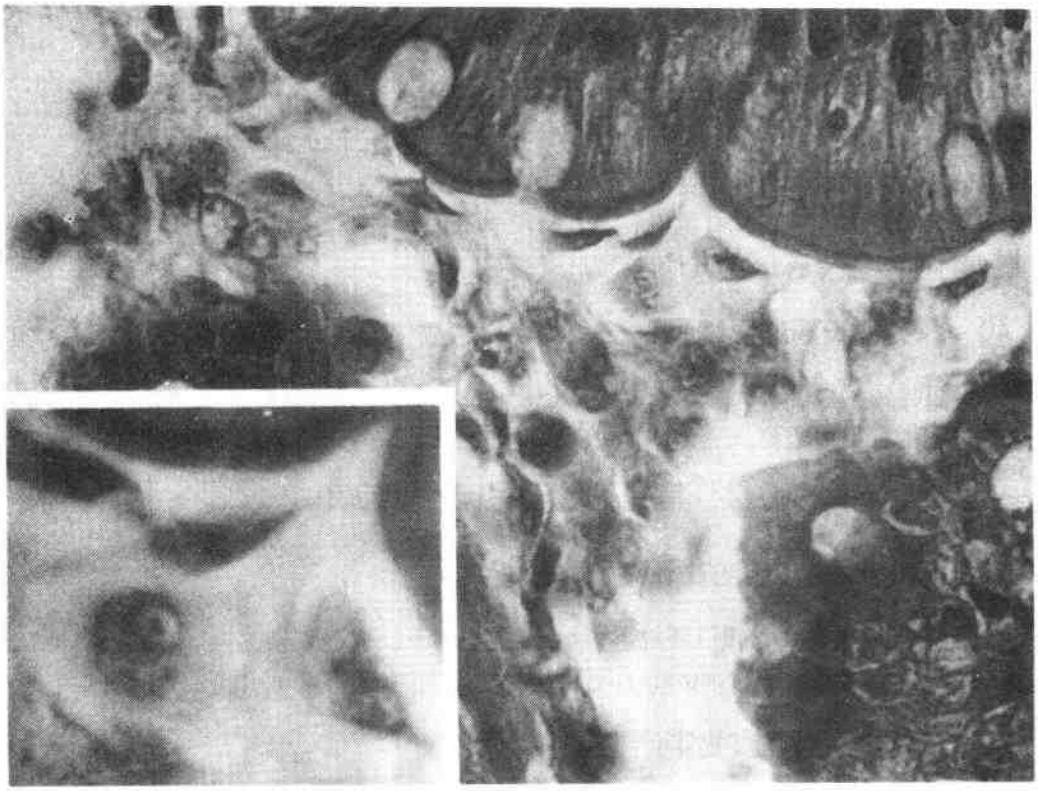


图 21-3　吸吮贾第虫感染肠组织的显微照片。该原生动物有两个大核，像眼睛，左下角是放大照。

灵可用于治疗。

21.47　一些具纤毛的原生动物能引起肠道感染吗?

具纤毛的原生动物结肠肠袋虫，能引起**小袋虫病**，是一种伴随痢疾的胃肠疾病。此病能引起大量腹泻，部分侵染肠壁组织。这种生物很大，在粪便样品中能观察到。猪是天然宿主，猪肉产品必须彻底加热以防止袋虫病。水也是一种传播方式。袋虫的照片如图 21-4 所示。

21.48　在 AIDS 病和 HIV 感染患者中哪种原生动物能引起严重的肠道病?

原生动物微小隐孢子虫(*Cryptosporidium parvum*)在 AIDS 患者或 HIV 感染者中是一个重要的条件致病菌。当免疫系统被抑制，这种复杂的生物能快速繁殖，引起隐孢子虫病(cryptosporidiosis)，它出现像霍乱那样的腹泻，会导致严重脱水和消瘦。腹泻可以危及生命。

21.49　对隐孢子虫病有有效的治疗方法吗?

目前对于治疗隐孢子虫病还没有有效的药物。因此任何治疗方案都包括用流质和电解质补充组织的水分。在功能健全的免疫系统中，病情很轻，持续时间也很短。最近此病的爆发已引起人们注意，一般的城市用水处理系统不能从水中检出并去除隐孢子虫。

21.50　哪种绦虫能感染肠道?

绦虫(tapeworm)是有很多节片的**扁形动物**(flatworm)的一种类型。绦虫借助吸盘附着在感染组织上，并靠此组织来取食，因此带来疾病。有几种绦虫能感染人类肠道。这些绦虫是多细胞寄生虫。**牛绦虫**(beef tapeworm)是牛带绦虫(*Taenia saginata*)；**猪绦虫**(pork tapeworm)是猪带绦虫(*Taenia solium*)；**鱼绦虫**(fish tapeworm)是阔节双槽头绦虫(*Diphllobothrium latum*)；**狗绦虫**(dog tapeworm)是细粒棘球绦虫(*Echinococcus granulosis*)；**侏儒绦虫**(dwarf tapeworm)是矮小啮壳绦虫(*Hymenolepis nana*)。

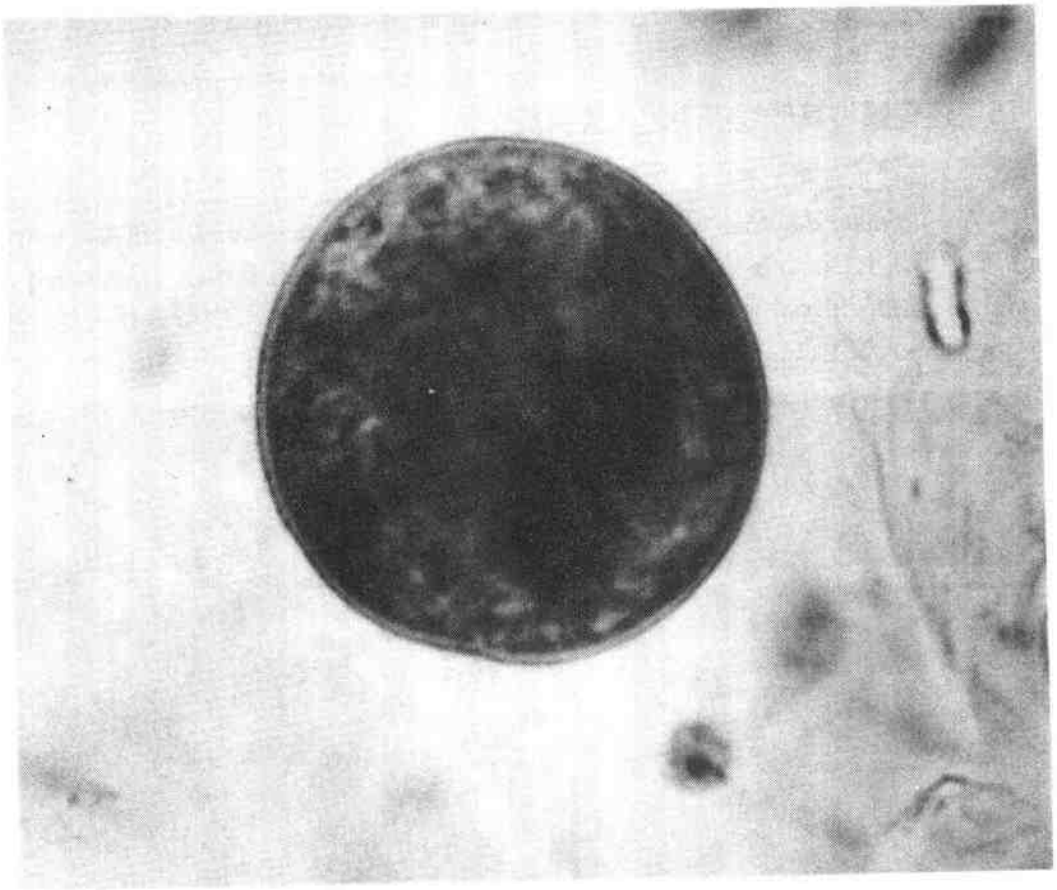


图 21－4　结肠肠袋虫油浸镜的显微照片。细胞中发暗区域显示出这种大型原生动物有非常明显的细胞核。它靠纤毛运动，但这个器官看不见。

21.51　引起人类疾病的绦虫的一般传播模式是什么？

绦虫的孢囊和卵通常通过污染的食物和水进入人类消化道。绦虫种类不同，感染也会通过接触狗、鱼或谷物而发生。具体方式因不同种类绦虫而异，猪和牛绦虫会以虫卵方式存在于肠道中；而狗绦虫能迁移至肝脏和其他器官，并通过繁殖和产生大量虫卵来感染。彻底煮熟食物和避免与动物接触可以防止绦虫感染。

21.52　哪种吸虫能引起人类胃肠道疾病？

吸虫（fluke）是一种外形呈叶片状的扁形动物。人类病原菌包括**羊肝吸虫**（sheep liver fluke），肝片形吸虫（*Fasciola hepatica*）；**猪肠吸虫**（pork intestinal fluke），巴氏姜片吸虫（*Fasciolopsis buski*）；**华人肝脏吸虫**（Chinese liver fluke），华枝睾吸虫（*Clonorchis sinensis*）。

21.53　吸虫的生活史是什么？

吸虫在其生活史中，通常有一个如**蜗牛**（snail）这样的中间宿主。吸虫的生活史包括尾蚴和后囊蚴的不成熟形式。人类一般从蔬菜、鱼和甲壳类动物中得到吸虫。吸虫生活在肠或肝脏组织中，常引起肠梗阻，导致固结和严重虫负担。吸虫卵释放到粪便里，即完成其生活史。注意煮熟食物和饮食习惯可避免吸虫疾病。

21.54　哪种线虫能引起人类疾病？

线虫之所以这样称呼，是因为它像蚯蚓一样沿其长轴呈圆形。引起人类疾病的一个重要的线虫是旋毛形线虫（*Trichinella spiralis*），引起**旋毛虫病**（trichinosis，亦称毛线虫病）。人由于吃了未熟的含有毛形线虫幼虫的猪肉而被感染。幼虫在人类肠道中发育为成虫。幼虫可

以穿过血液，侵入肝脏、心脏、肺和其他组织。幼虫在横纹肌中发育成孢囊，特别是在眼肌中。彻底煮熟猪肉可预防旋毛虫病。

21.55 还有哪种其他线虫引起人类疾病?

各种不同线虫都和人类疾病有关，包括**钩虫**（hookworms），如十二指肠钩口线虫（旧世界钩虫）（*Ancylostoma duodenalis*），及美洲板口线虫（*Necator americanus*）；**线虫**（roundworm），似蚓蛔线虫（*Ascaris lumbricoides*）；**蛲虫**（pinworm），蠕形住肠线虫（*Enterobius vermicularis*）；**丝虫**（filarial worm），粪类圆线虫（*Strongiloides stercoralis*）；另外一种是**鞭虫**（whipworm），人鞭毛虫（*Trichuris trichiura*），如图 21－5 所示。

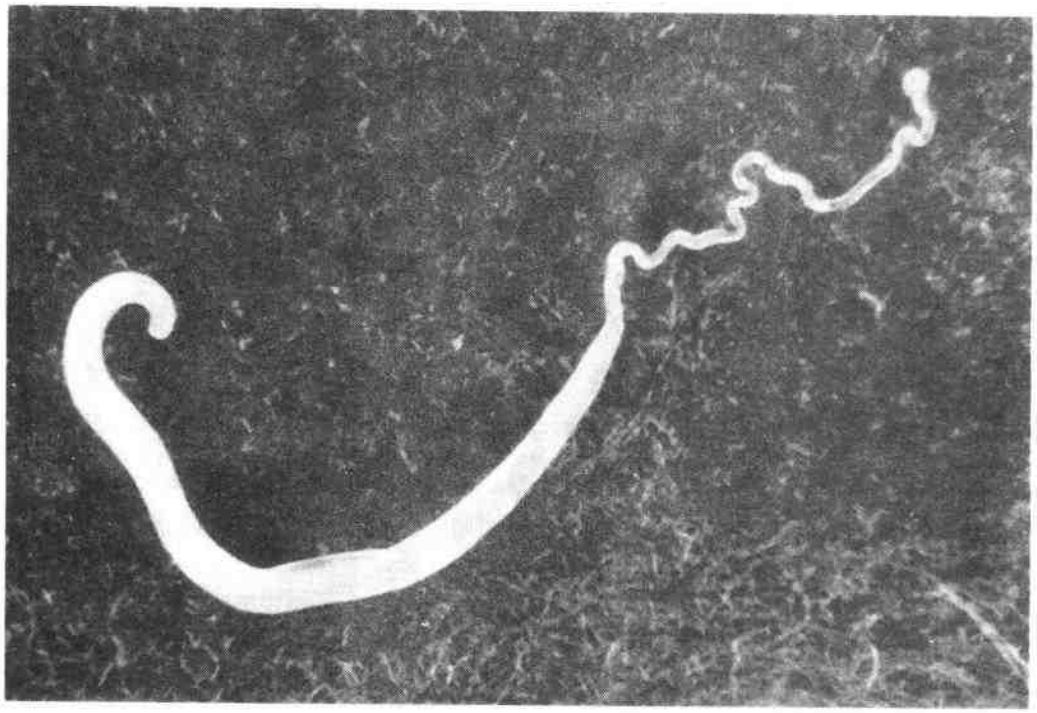


图 21－5 感染性线虫，人鞭毛虫的显微照片。这种寄生虫鞭状的外形是可见的。

21.56 这些线虫如何引起人类疾病?

线虫产生孢囊并通过皮肤、污染食物和水侵入机体。钩虫、丝虫从污染的土壤中通过裸露的皮肤侵入，而蛲虫、鞭虫和线虫通过污染的食物进入。幼虫在肠道中发育成成虫，一般引起肠阻塞和肠疼痛。有些情况下，它通过血液迁移至肺，也会引起较远部位感染。注意食品卫生和着鞋时避免携带污染的土，可以防止人类感染。

复 习 题

是非题 判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则在句前写“F”。

__ 1. 龋齿等于牙周病。
__ 2. 葡萄球菌食物中毒是机体食物中毒的例子，而沙门氏菌病是食物感染的例子。
__ 3. 引起伤寒的微生物是伤寒沙门氏菌，一种革兰氏阴性的球菌。
__ 4. 霍乱病的病症是突然流失大量的流质和电解质，并引起严重的休克和脱水。
__ 5. *E. coli* O157:H7 是肠溶血菌株，通过食物传播，导致肠感染，并伴随出血。
__ 6. 甲型肝炎病毒和乙型肝炎病毒是一样的。
__ 7. 空肠弯曲杆菌弯曲亚种是弯曲的，革兰氏阴性的杆菌，它通过生的或未经巴氏消毒的

牛奶传播，引起一种胃肠炎。

__8. 已研制出既能预防甲肝、也能预防乙肝的疫苗。

__9. 已知青霉菌属的某些种产生真菌毒素，能影响肝脏并诱发肝癌。

__10. 原生动物结肠肠袋虫是一种变形虫，其孢囊能抵抗胃酸。

__11. 在 ADIS 或 HIV 感染的病人中，原生动物隐孢子虫属的生物快速繁殖，引起像霍乱样的腹泻，导致严重脱水。

__12. 最近研究表明猪带绦虫引起消化道溃疡。

__13. 吸吮贾第虫是带鞭毛的原生动物，引起肺组织和呼吸道其他区域的严重感染。

__14. 绦虫中，能引起人类肠道感染的有鱼绦虫（阔节双槽头绦虫）、侏儒绦虫（矮子啮壳绦虫）。

__15. 毛线虫病是由存在猪肉中的吸虫引起的，可以通过彻底烹熟方法杀灭。

__16. 伤寒的症状中有神志不清、内出血，在病人的胸部出现玫瑰斑。

__17. 对志贺氏菌患者，补充流质和电解质是至关重要的，因为他们损失了大量的这些物质。

__18. 变异链球菌是引起龋齿的重要种。

__19. 引起人肠道疾病的细菌大多数是革兰氏阳性菌。

__20. 霍乱病常和鸡、火鸡等家禽产品有联系，因为病原菌存在于这些食物中。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 下列叙述中哪一个不是肠道微生物引起的有益作用：(　　)　(a)它们产生各种生长因子　(b)它们抑制病原微生物　(c)它们消化难以消化的物质　(d)它们降解衰老的红血细胞

2. 龋齿细菌以黏多糖(　　)黏附在牙齿表面。　(a)蔗糖　(b)右旋糖酐　(c)淀粉　(d)多聚酶

3. 下列特征均属腮腺炎的特征，除了(　　)之外。　(a)是由革兰氏阴性杆菌引起的　(b)与耳旁腺体有关　(c)它也流行性腮腺炎　(d)如果发生在青春后期男性，可能伴有睾丸炎

4. 葡萄球菌食物中毒可通过(　　)的方法预防。　(a)接种疫苗　(b)服用大量抗生素　(c)彻底加热残余食物　(d)注射抗毒素

5. 下列条件皆可引起细菌性食物中毒，除了(　　)之外。　(a)蜡状芽孢杆菌　(b)肉毒梭状芽孢杆菌　(c)产气荚膜芽孢杆菌　(d)干燥棒杆菌（干燥分枝杆菌）

6. 由沙门氏菌属的菌引起的感染应正确的称为食物"感染"，因为(　　)。　(a)细菌在肠道中大量生长　(b)在消化道细菌被病毒感染　(c)在感染期中无症状出现　(d)疾病不能在污染的食物和食物产品中传播

7. 沙门氏病通常与(　　)有关。　(a)家禽产品和蛋类　(b)污染的猪肉和羊肉　(c)摄食发酵过的香肠　(d)如胡椒和蘑菇之类的罐头食品

8. 下列哪一项与伤寒有关？(　　)。　(a)是由副溶血弧菌引起的　(b)可用氯胺苯醇治疗　(c)疾病是由病毒引起的　(d)疾病的症状一般很轻

9. 细菌性痢疾有时指(　　)。　(a)毛线虫病　(b)胃肠炎　(c)痢疾(shigellosis)　(d)贾第虫病

10. 细菌性霍乱伴有(　　)。　(a)消化道溃疡　(b)从肠道中快速损失流质　(c)心肌的感染　(d)玫瑰斑

11. 旅游者去热带地区旅游患上的旅游者腹泻的病原微生物是(　　)。　(a)伤寒沙门氏菌　(b)猪带绦虫　(c)*E. coli*　(d)人肠道细胞病变孤儿病毒群

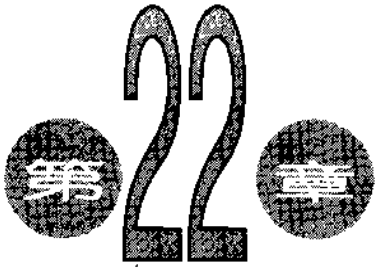
12. 胃肠综合症和胃溃疡是由(　　)引起的。　(a)索氏志贺氏菌　(b)幽门螺杆菌　(c)吸吮贾第虫　(d)蠕形住肠线虫

13. 下列特征是甲型肝炎的特征，除了(　　)之外。 (a)它是由 DNA 病毒引起的 (b)病毒通常通过污染的水和食物传播 (c)病通常伴随有黄疸 (d)潜伏期大约一个月
14. 下列各项对乙型肝炎的描述皆是正确的，除了(　　)之外。 (a)可用疫苗来预防 (b)潜伏期大约 3 个月 (c)病症常伴有黄疸 (d)病毒有很大的抗逆性
15. 引起胃肠炎疾病的真菌毒素产生菌是(　　)。 (a)病毒 (b)真菌 (c)革兰氏阴性杆菌 (d)革兰氏阳性杆菌
16. 下列各类原生动物皆与肠道疾病有关，除了(　　)之外。 (a)结肠肠袋虫 (b)痢疾内变形虫 (c)黄曲霉 (d)吸吮贾第虫
17. 隐孢子虫病特别容易发生在(　　)身上。 (a)肝炎病人 (b)AIDS 病人 (c)皮炎症患者 (d)6 岁以下的儿童
18. 吸虫的中间宿主通常是(　　)。 (a)蜗牛 (b)鸟 (c)龙虾 (d)蛇
19. 未经彻底煮熟的猪肉可能传播线虫，它能引起(　　)。 (a)丙型肝炎 (b)细菌性痢疾 (c)旋毛虫病 (d)绦虫病
20. 下列线虫皆能引起人类疾病，除了(　　)之外。 (a)美洲板口线虫 (b)人鞭毛虫 (c)牛带绦虫 (d)似蚓蛔线虫

填空题 在下列各题中用适当的词或词组填空。

1. 在最严重的情况下，牙周病称为急性坏死性溃疡齿龈炎，也称_____。
2. 引起牙周病的严重病菌是长茅状厌氧杆菌，属于_____。
3. 在青春后期男性中，腮腺炎可能伴有睾丸发炎，称为_____。
4. 金黄色葡萄球菌是引起中毒最常见的一种细菌，它是指_____。
5. 若不是以种的术语，各种沙门氏菌变种应正确地称为_____。
6. 沙门氏菌病的诊断化验是在_____中检出沙门氏菌。
7. 伤寒经常与伤寒的康复病人相关，他们称为_____。
8. 大多数细菌性痢疾是由于微生物在污染的食物和污染的_____中传播引起的。
9. 霍乱的病原菌是逗号状、革兰氏染色_____性的杆菌。
10. 与副溶血弧菌有关的胃肠炎常与_____的结核有关。
11. 耶尔森氏病是由小肠结肠炎耶尔森氏菌引起的，它是一种革兰氏阴性杆菌，呈现_____。
12. 20 世纪 90 年代幽门螺杆菌被认定是引起_____的重要原因。
13. 诺沃克病毒和轮状病毒是引起_____病仅有的两种病毒。
14. 除引起肠道感染和脑膜炎外，已知柯萨奇病毒还能引起称为_____的心脏肌肉病变。
15. 乙肝疫苗包含蛋白质片段，而甲肝疫苗包含_____。
16. 原生动物吸吮贾第虫引起人类胃肠道疾病，通过_____方式四处游走。
17. 属于_____属的蘑菇能产生一种毒性很强的真菌毒素。
18. 为了在通过胃时免遭胃酸破坏而存活下来，许多原生动物以休眠的状态存在，称为_____。
19. 绦虫、棘球绦虫和啮壳绦虫属的生物，都是蠕虫(寄生虫)的类型，称为_____。
20. 钩虫、蛲虫、鞭虫和丝虫都是肠道寄生虫蠕虫的典型，称为_____。

(宋怡玲 译)



血液和内脏的微生物疾病

内　容

血液和内脏疾病通常伴有发烧，有时也有皮疹。本章概要地介绍几种此类疾病。其内容有：

1. 描述与链球菌有关的几种疾病。
2. 鉴别炭疽热的一些重要特征，指出鼠疫和土拉菌病两者之间的重要相似点。
3. 讨论莱姆氏病（莱姆氏疏螺旋体病）的病原体、传播、症状和治疗方法。
4. 概括立克次氏体的重要特征，指明几种立克次氏体病的名称和关键概念。
5. 比较黄热病和登革热的典型症状、传播模式和病原体。
6. 讨论 EB 病毒在人类病理学中的位置。
7. 阐述疟疾、弓形体病和巴倍虫病等原生动物疾病的特征。

原理和问题

细菌性疾病

22.1 “血中毒”的一般名称是什么？

血中毒（blood poisoning）就是血被感染，统称为**败血症**（septicemia）。不同的细菌，包括金黄色葡萄球菌、肺炎链球菌等革兰氏阳性菌，都能引起败血症。革兰氏阴性菌也能引起败血症，如铜绿假单胞菌、黏质沙雷氏菌（*Serratia marcescens*）、肺炎克雷伯氏菌和产气肠杆菌（*Enterobacter aerogenes*）。

22.2 败血症的典型症状是什么？

各种败血症的症状是不同的，但通常包括发烧、休克和由于皮下淋巴管发炎肿大所致的皮肤红色条纹。这些红色条纹被称为**淋巴管炎**（lymphangitis）；和败血症有关的休克被称为**脓毒性休克**（septic shock）。

22.3 何种细菌引起产褥热？

产褥热（childbed fever）也称为**分娩热**（puerperal fever）。通常是由称为化脓链球菌的 β-溶血链球菌引起。此类细菌通常感染母体的子宫。在分娩过程中，链球菌进入母体的血液，能引起败血症、骨盆器官发炎以及致人死亡的严重疾病。当前常用青霉素来防止分娩热带来的严重后果。

22.4 何种心瓣膜感染是由链球菌引起的？

引起分娩热的同一种菌——酿脓链球菌也能感染心瓣膜，导致**心内膜炎**。心内膜炎是指组成瓣膜的组织——心内膜被感染。它通常导致高烧、贫血、心脏杂音，由于心瓣膜被损坏，血液会渗漏出倒流到心房中。如果不治疗，心内膜炎能导致心瓣膜解体，以致病人死亡。

22.5 细菌性心瓣膜炎有诱病因素吗?

其他器官的酿脓链球菌感染能诱发细菌性心内膜炎。例如,当患者感染上酿脓链球菌的脓毒性咽喉炎时,链球菌就能进入心血管系统,进而损坏心脏的二尖瓣膜。此病被称为**风湿性心脏病**。这种情况下,心瓣膜对以后链球菌的感染会很敏感,易导致心内膜炎。

22.6 何种治疗方法可用于心内膜炎?

细菌性心内膜炎常用青霉素及其他对革兰氏阳性菌起作用的抗生素进行有效治疗。如果心瓣膜损伤至无法修复的程度时,就需要手术替换心瓣膜。金黄色葡萄球菌也能引起心内膜炎,可用青霉素治疗。

22.7 炭疽芽孢杆菌引起哪种严重的血液病?这种病的特征是什么?

炭疽芽孢杆菌是革兰氏阳性的形成芽孢的杆菌。它是**炭疽病**的病原体,此病能感染多种动物及人类。此细菌通常来自土壤,通过皮肤伤口进入血流。它也可分别通过空气和食物进入呼吸道和消化道。此病伴有严重的败血症,并有大出血,脾脏和其他富含血器官的发黑是这种病的特征。

22.8 为什么炭疽病也被称为毛工病?

炭疽病也被称为**毛工病**(woolsorter's disease),因为此病发生在羊身上,剪羊毛的人和织羊毛的人可能吸入炭疽芽孢杆菌的芽孢而发病。在这种情况下,炭疽病本身证明是呼吸道肺炎的一种形式。此病死亡率很高,但用青霉素治疗可降低其死亡率。

22.9 炭疽杆菌的芽孢在现代战争中是否有显著作用?

因为炭疽杆菌的芽孢对环境变化有特别强的抗性,在大气和土壤中可以存活很长的时间。因为这种菌的强存活性及其所致病的严重性,炭疽杆菌的芽孢可用于生物战争。但是,有国际公约来控制这种菌的使用。

22.10 在美国还有鼠疫流行吗?

鼠疫(plague)作为所有时代最经典的疾病中的一种,具有丰富多彩的历史。有几种鼠疫,在美国每年都发生,在亚洲(特别是印度)、非洲和南美洲周期性发生。

22.11 鼠疫的发病因素是什么?

鼠疫是由鼠疫耶尔森氏菌引起的,它是一种革兰氏阴性杆菌,染色时菌体两端着色。由大鼠蚤(*Xenopsylla cheopis*)传播。这种疾病主要在大鼠中发生,但也在草原(普雷里)狗、金花鼠、地松鼠和其他小的啮齿目动物中发生。由于鼠蚤也咬人,疾病可通过这个节肢动物作为中间媒介从啮齿目动物传播给人。

22.12 鼠疫有多少种?

鼠疫有三种:淋巴腺鼠疫、败血病鼠疫和肺炎鼠疫。**淋巴腺鼠疫**通常先发生。它伴随腋窝、腹股沟和其他部位的淋巴结肿大,称为腹股沟腺炎(buboes)。淋巴结出血使皮肤变黑,所以此病的别名又叫黑死病(Black Death)。细菌然后从淋巴系统转移至血液循环,引起**败血性鼠疫**(septicemic plague)。出现全身出血,这时此病通常是致死的。如果细菌侵入肺部,则发生**肺炎鼠疫**(pneumonic plague)。它们能使人迅速僵硬并导致死亡。如果能早期并有效地使用抗生素治疗,可抑制疾病的扩散。

22.13　除了鼠蚤以外，鼠疫还有其他传播途径吗？

在肺炎鼠疫阶段，鼠疫可以通过飞沫传播。因此，病人必须隔离。治疗可用对革兰氏阴性菌有效的四环素、链霉素和其他药物。研究工作者和医务人员可接种疫苗来预防。

22.14　鼠疫和土拉菌病之间有何关系？

土拉菌病是由与鼠疫杆菌密切相关的微生物引起的血液病。土拉菌病的病原体是土拉热弗郎西丝氏菌，一种革兰氏阴性杆菌，菌体两端着色。土拉菌病是通过许多生活在像兔子这样的啮齿目动物的毛皮上的节肢动物传播的。也可通过蜱和鹿虻来传播，它们叮咬人，然后传播细菌。在感染处通常有一小块溃疡。不久局部淋巴结增生并充满脓汁。败血症、肺炎和脓肿接踵而来，但通常没有特殊的症状来鉴别此病。

22.15　土拉菌病的其他传播途径是什么？

除节肢动物叮咬外，土拉菌病也会有其他几种传播途径。例如，动物蜕皮期间被感染，病原菌可侵人，而引起肺部感染。病原菌也可通过食用被污染的肉类，如兔肉进人体内，从而引起消化道感染。小伤口、擦破或擦伤也可能传播病原菌。几种抗生素如庆大霉素、链霉素等可用于治疗此病。

22.16　布鲁氏菌病的别名是什么？何种微生物引起此病？

布鲁氏菌病也被称为**波浪热**。这种病的显著特征是以波动的形式周期性的高烧和低烧。此病于 18 世纪后期在马尔他岛上爆发，所以也称**马尔他热**(Malta fever)。为纪念 20 世纪初期进行此病的研究者，该病也称之为**旁氏热**(Bang's fever)，有时也称为**传染性流产**(contagious abortion)，因为此病经常伴随动物胎儿流产和雌性动物不育。此病是由存在于牛身上的一种革兰氏阴性的小杆菌——流产布鲁氏菌(*Brucella abortus*)引起的。感染绵羊和山羊的是马尔他布鲁氏菌(*B. melitensis*，山羊布鲁氏菌)，感染猪的是猪布鲁氏菌(*B. suis*)，感染狗的是狗布鲁氏菌(*B. canis*)。

22.17　人是怎样患上布鲁氏菌病的？

布鲁氏菌属一些种通过污染的乳制品如牛奶进入人体。污染的肉类也是一种传播途径。在人体中，原发性症状发生在血液循环系统中，一般伴有败血症，有周期性的波浪热。并伴有长期的疼痛和精神紧张不安。抗生素治疗一般很有效，但此病要持续数月。

22.18　人类的何种疾病是由回归热疏螺旋体引起的？

回归热疏螺旋体(*Borrelia recurrentis*)**引起流行性回归热**(epidemic relapsing fever)。此病由蜱传播，病伴有高烧、恢复和数次复发。每次复发都有稍有不同的细菌菌株出现，它能躲避机体的防御系统。

22.19　引起回归热的微生物形态是怎样的？这种病如何治疗？

回归热疏螺旋体是一个大的螺旋体。它很容易被染色，能在显微镜下观察到。四环素可用于治疗回归热，因为此病是由虱和蜱传播，所以控制这类节肢动物是最好的预防措施。

22.20　疏螺旋体还可引起当代哪种疾病？

如图 22－1 所示，布氏疏螺旋体是**莱姆氏病**的病原菌，也称莱姆氏疏螺旋体病，是由硬蜱属(*Ixodes*)的蜱传播。这些蜱是鹿蜱，尽管狗蜱和马蜱也能传播此病。目前，几乎在美国所有的地区都能观察到莱姆氏疏螺旋体病。

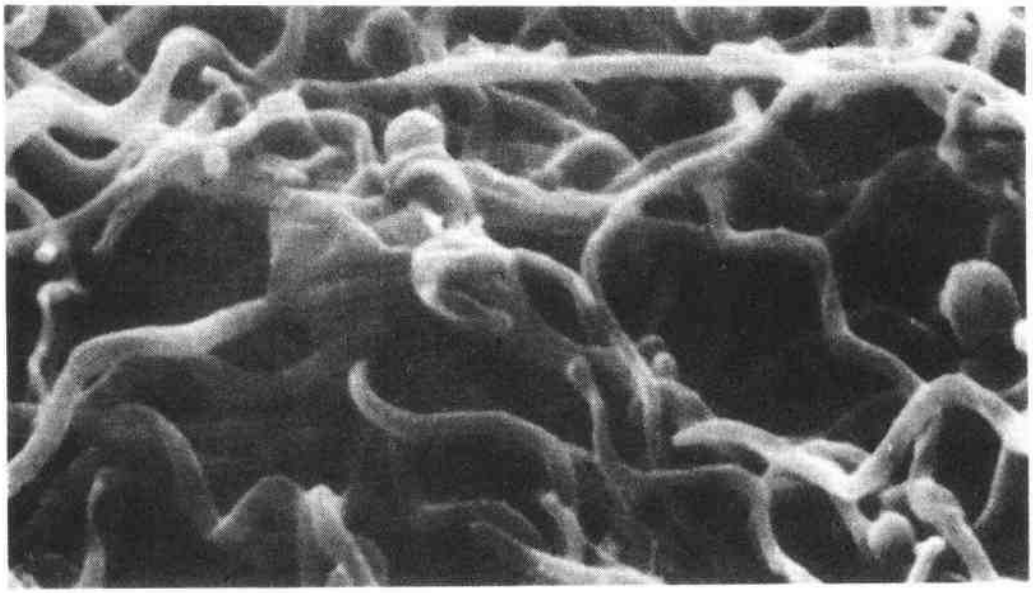


图 22-1 布氏疏螺旋体，它能引起莱姆氏疏螺旋体病。

22.21 莱姆氏疏螺旋体病的典型特征是什么？

莱姆氏疏螺旋体病发病有几个阶段，第一阶段症状是在蜱咬的部位有红色皮疹。这种皮疹称为**慢性游走性红斑**（erythema chronicum migrans，ECM）。扩散的皮疹有时也称牛眼疹。几星期或几个月后，病人会患上关节炎，尤其是在胳膊肘和膝盖这样的大关节处。也会出现类似流感的症状。后期症状包括像面部麻痹这样的神经性损伤、脑膜炎及像无规则心律这样的心脏缺陷。

22.22 何类方法可用于莱姆氏疏螺旋体病？

几种抗生素可用于减轻莱姆氏疏螺旋体病的症状，并能有效地治疗此病。四环素类药物如强力霉素和青霉素药物如阿莫西林可用于治疗此病。在患病早期，治疗最有效。诊断试验包括抗体试验，以及典型迹象和症状的观察。

22.23 有预防莱姆氏疏螺旋体病的疫苗吗？

目前，狗可被免疫以防止莱姆氏疏螺旋体病，但还没有可用于人的疫苗。因此，此病的预防主要靠避免和蜱接触。

22.24 何种微生物引起气性坏疽？为什么这种菌非常独特？

气性坏疽是由产气荚膜梭状芽孢杆菌引起的。此菌是厌氧、产芽孢、革兰氏阳性杆菌。它在肌肉组织中生长，并产生大量气体。气体使组织肿胀.拉着肌肉细胞离开其供血系统。不久肌肉细胞因缺氧而死亡。

22.25 产气荚膜梭菌在致病期间产生毒素吗？

产气荚膜梭菌产生大量毒素，这种毒素会加速肌肉细胞死亡，并产生使之更好生长的厌氧环境。毒素也可进入血流，并扩散到其他组织。而且，此菌产生一种酶能降解体内的胶原和其他蛋白质。如果妇女怀孕，梭菌可侵入子宫壁。

22.26 哪种方法可用于气性坏疽治疗？

气性坏疽病比较难治。治疗经常包括切除坏死组织，这种方法称为**清创术**（debride-

ment)，在许多病例中需要截肢以防止气性坏疽的扩散。病人也可到高压氧仓中，以迫使氧气进入组织，诱发好氧环境。这种仓称为**高压仓**(hyperbaric champer)。青霉素可用来杀死细菌，并且急需及时处理来防止病菌进一步对体内的损害。

立克次氏体病

22.27　立克次氏体的总的描述怎样?

立克次氏体是一种很小的细菌，光学显微镜下几乎看不清。所有立克次氏体的共同特征是革兰氏阴性菌，与其他细菌不同的是立克次氏体必须在活组织中培养。这些培养基包括灭过菌的鸡蛋、组织培养物和动物活体。立克次氏体主要通过蜱(tick)、虱、跳蚤等节肢动物传播。如图22-2所示，大多数由立克次氏体感染的疾病，都与心血管系统的内皮细胞有关。

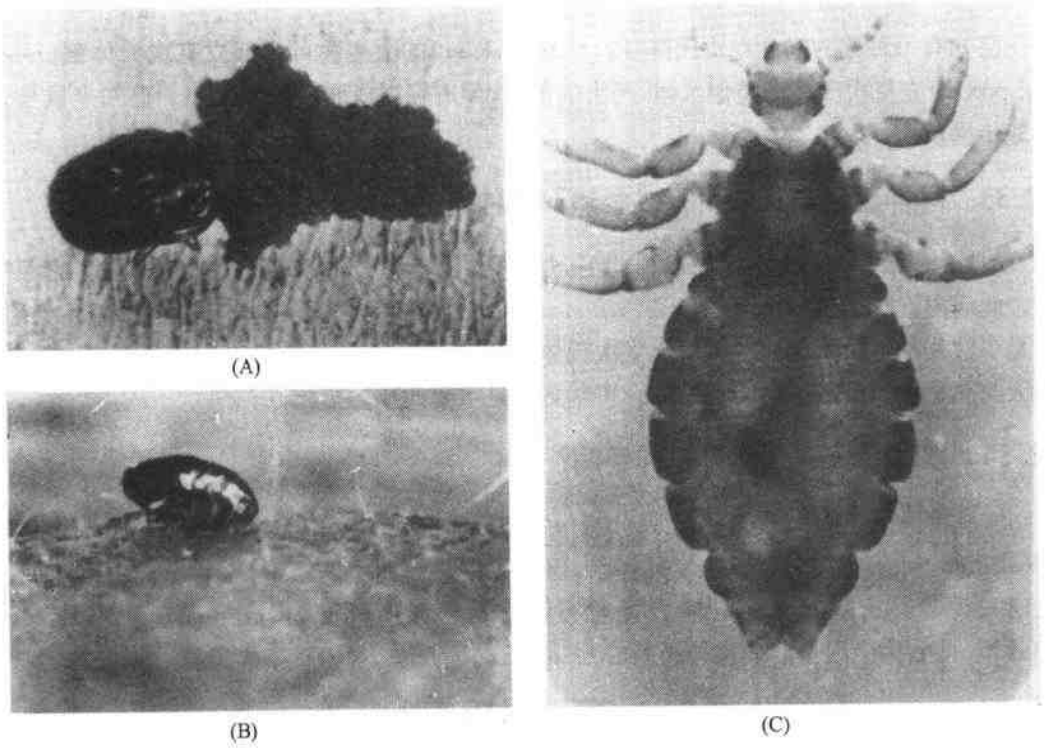


图22-2　三种传播立克次氏体病的节肢动物。
(A)蜱及其卵块；(B)虱；(C)蚤。

22.28　立克次氏体病的一般特征是什么?

立克次氏体病通常伴有特别的高烧和称为**平丘合疹性皮疹**(maculopapular rash)的皮疹。这种皮疹最初以斑点的形式出现，因而立克次氏体病也经常称为斑疹热(spotted fever)。大多数立克次氏体病可用四环素或氯霉素治疗，一般建议长期治疗。

22.29　流行性斑疹伤寒和地方性斑疹伤寒的区别是什么?

斑疹伤寒是一种伴有高烧和皮疹的立克次氏体病。**流行性斑疹伤寒**(epidemic typhus)是由普氏立克次氏体(*Rickettsia prowazekii*)引起的，它经由人类体虱(body louse)传播。因为人是虱的天然寄主，所以此病会流行性发生。相反，**地方性斑疹伤寒**(endemic typhus)是由伤寒立克次氏体(*Rickettsia typhi*)引起，经由鼠蚤传播。此病主要发生在鼠、松鼠和其他啮齿目动物中，人仅偶尔发生。地方性斑疹伤寒(鼠斑疹伤寒)的症状通常比流行性斑疹伤寒的症状轻。

22.30 既非流行性，又非地方性斑疹伤寒的第三种伤寒是什么？

这种伤寒称为**恙虫热斑疹伤寒**(scrub typhus)，由螨(mite)传播。病原菌是恙虫热立克次氏体(*Rickettsia tsutsugamushi*)。此病伴有发烧和皮疹，主要发现在亚洲和澳大利亚。

22.31 洛基山斑疹热的主要特征是什么？

洛基山斑疹热之所以这样命名，是因为20世纪初在美国西部地区流行。此病由立氏立克次氏体(*Rickettsia rickettsii*)引起，由蜱传播。此病伴有发烧，平丘合疹性皮疹从膝盖、手腕开始，向躯干扩散。控制壁虱(蜱)是预防此病发生的主要手段。

22.32 所有痘类疾病都是立克次氏体引起的吗？

已知有一种称为螨立克次氏体(*Rickettsia akari*)的微生物可引起**立克次氏体痘**(rickettsial pox)。立克次氏体痘类似水痘，经由螨传播，伴有轻微皮肤损伤和发烧。已知老鼠身上带的螨传播疾病。

22.33 何种立克次氏体引起战壕热？这种病的症状是什么？

战壕热 (trench fever)之所以得此名，是因为此病曾在第一次世界大战期间的战壕中流行。此病由五日热巴尔通氏体(*Rochalimaea quintana*，亦称五日热罗卡利马氏体)感染引起，这是少数几种不用活组织培养的立克次氏体中的一种。此病由体虱(body louse)传播，伴有几天的高烧和严重的腿疼(胫骨热)。控制虱子是重要的预防措施。

22.34 埃利希氏体属引起何种疾病？

埃利希氏体，犬埃利希氏体(*Ehrlichia canis*，亦称犬立克次氏体)，会使人产生**埃利希氏病**(ehrlichiosis)。患者有头痛、发热症状，但没有皮疹。此病是经蜱传播，在狗中发生。也已发现一种与其密切相关的病叫**人类粒细胞埃利希氏病**(human granulocytic ehrlichiosis，HGE)。此病菌会因怡菲埃利希氏菌(*Ehrlichia chaffeensis*)而感染人类粒细胞。

病毒性疾病

22.35 黄热病是如何传播的？何种微生物引起此病？

黄热病经一种埃及伊蚊(*Aedes aegygti*)的蚊子(mosquito)传播。是由黄病毒属的RNA病毒引起。此病发生在中美洲、南美洲，也在非洲发生。猴子是该病毒的寄主。

22.36 黄热病的典型症状是什么？

黄热病伴有血液的病毒感染，称为**病毒血症**(viremia)。该病影响到肝脏，导致黄疸，患者皮肤变黄的原因是血液中出现胆色素并沉积在皮肤上。心脏、肾、脾和其他器官也会受到损害，死亡率一般较高。

22.37 有预防黄热病的疫苗吗？

虽然还没有治疗黄热病的方法，但已研制出两种疫苗。一种是皮肤用药，另一种是皮下注射。二者都能建立起有效的抵抗疾病的免疫水平。

22.38 黄热病和登革热有哪些相似之处？

黄热病和**登革热**(dengue fever)都是由RNA病毒引起的疾病，并且两者都是由埃及伊蚊传播，并引起血液失调。两种疾病都发生在热带地区。

22.39　黄热病和登革热的主要区别是什么?

登革热伴有严重的关节痛和骨痛,也常称为**断骨热**(breakbone fever)。而且登革热的死亡率比黄热病低,不伴有黄疸发生。再者,登革热常转为溶血性疾病,在黄热病中见不到这种情况。

22.40　感染性单核血球病的特征是什么?由哪种病毒引起的?

感染性单核血球病伴有微热、喉痛、淋巴结肿大和脾增生。绝大多数微生物学家一致认为这种病是由 **EB 病毒**引起的。已知 EB 病毒还能引起非洲淋巴病(Burkitt 氏淋巴瘤,即伯基特淋巴病),此时伴有颌组织的癌病。EB 病毒是一种二十面体 DNA 疱疹病毒,能长期地潜伏在机体组织细胞中。

22.41　哪种细胞是 EB 病毒特别的靶细胞?

EB 病毒通常通过唾液传播给机体,当它和淋巴细胞相互作用时,进入血流。这时淋巴细胞变成粒状、有液泡的扭曲形状,进而成为特征性的**短茸毛细胞**。当在血流中化验出这种细胞数量增多时,表明已患有感染性单核血球病。

22.42　何种方法可治疗感染性单核血球病?这种病的并发症是什么?

除了卧床休息,几乎没有治疗该病的方法。抗生素可用于预防继发性细菌感染,内科医生会观察是否有脾增生这样的并发症。血液中出现异嗜性抗体[①],是感染性单核血球病的诊断指标。

22.43　EB 病毒也与慢性疲劳综合征有关吗?

许多内科医生认为,EB 病毒能引起**慢性疲劳综合征**(chronic fatigue syndrome)。该病伴有发烧、持续疲劳,并有感染性单核血球病的其他症状。但是,两者之间的因果关系还不能确定。最近有报道指出,另一种疱疹病毒可能是病因。据推测 EB 病毒会引起 **EB 病毒病**(Epstein-Barr virus disease),其症状比单核血球病轻得多。

22.44　何种病毒引起人的病毒性发烧?

许许多多病毒可引起人的病毒性发烧。这些病毒是一类**线状病毒**(filovirus)。它们的形状呈带分枝的丝状、鱼钩状或"U"字形。它们是 RNA 病毒,包括埃博拉病毒(Ebola virus)和弹状病毒(Marburg virus)。这类病毒会引起严重的皮肤和器官出血,以及异常高烧。**本杨病毒群**(bunyaviruses)也能引起病毒性发烧。它们通常是二十面体的病毒,包括大地病毒 (La-cross virus)、加利福尼亚病毒 (California encephalitis virus)、立夫特山谷热病毒 (Rift Valley fever virus)和 Haantan 病毒 (Haantan virus)。

22.45　柯萨奇病毒引起何种疾病?

柯萨奇病毒通常经由水和食物进入体内。在进入血流和其他器官之前,能引起人的胃肠炎。柯萨奇病毒感染心肌会引起心肌炎,也会引起无菌性胞膜炎(第 21 章)。这种病毒也会感染咽喉,尤其是在儿童中。

22.46　五号病为什么如此命名?它是由何种病毒引起的?

五号病 (fifth disease)是一系列伴有红斑(包括麻疹和猩红热)的疾病中的第五种疾病。

---

① 患者血清和羊血球做异嗜性凝集试验,血清效价增高,又无血清病史。——译者注

五号病也称为**传染性红斑**（erythema infectiosum）。是由细小病毒属 B19 号株（parvovirus strain B19）引起的。所以也称为 **B19 号病**（B19 disease）。

22.47 五号病有哪些典型症状?

五号病的病毒通过血流进入体内会引起严重病毒血症，导致血液渗透到皮肤，因此，被感染的儿童面颊上会出现鲜红色皮疹。所以这种病也称为“巴掌脸”（slapped-cheek disease）。此病可能会出现低烧，但并不危险。多数情况下是通过飞沫传染。

22.48 何时开始流行艾滋病?

艾滋病（AIDS）从 1981 年开始流行，那时洛杉矶和其他城市的一些内科医生注意到异乎寻常的条件致病微生物感染。免疫系统的 T 淋巴细胞的破坏与这些感染有关，不久就明显看到这种流行病发展很快。1984 年，人们分离到这种致病的病毒，1986 年，此病毒被命名为人**免疫缺陷病毒**（HIV）。

22.49 人免疫缺陷病毒(HIV)是如何传播的?

HIV 是一种非常脆弱的病毒，因此它在体外不能存活较长时间。绝大多数情况下，它是通过血液或精液直接在人与人之间传播。使用污染针头静脉注射毒品者和肛门性交者易染此病，因为出血常与上述行为有关。异性性交也是一种传播方式，特别是当生殖器有损伤时。

22.50 在被感染个体中，病毒是如何穿过 T 淋巴细胞的? 一旦 HIV 进入细胞，将会发生什么?

在感染个体中，HIV 是通过其糖蛋白的刺突与 T 淋巴细胞的 **CD4 受体位点**结合来感染 T 淋巴细胞的。核壳进入 T 淋巴细胞质，病毒的**反转录酶**以 HIV 的 RNA 为模板合成 DNA 分子。因此，HIV 也称**反转录病毒**（retrovirus）。DNA 分子随之转移至细胞核，成为 T 淋巴细胞核中染色体的一部分。其过程如图 22-3 所示。

22.51 一旦 HIV 的 DNA 分子进入细胞核，将会怎样?

HIV 的 DNA 分子，与 T 淋巴细胞的 DNA 整合在一起，病原细胞就进入**溶原性**状态，这种形式的病毒即**原病毒**。从细胞核的这一点开始，原病毒会编码出新的 HIV 粒子，它们是通过出芽的方式从 T 淋巴细胞膜上获得蛋白质外壳的。人体试图维持一定数量的新病毒粒子，但是，最终新出现的 HIV 病毒株压倒了机体的防御系统，T 淋巴细胞数量开始减少。每立方毫米血液中通常大约有 800 个 T 淋巴细胞，但当病情发展时，T 淋巴细胞的数量会降低至数百或数十个。这种降低情况可发生在感染后半年，或长达 12 年，或更长的时间。

22.52 HIV 感染是如何定义的? 感染后的症状是什么?

当 T 淋巴细胞被感染时，只要 T 淋巴细胞水平接近正常，病人被称为有 **HIV 感染**（HIV infection）。病人偶尔会有淋巴结肿大、轻度长期发烧、腹泻、身体不适或其他一些特别轻的症状。**AIDS** 是此病的末期阶段。其征兆是**条件致病感染**（opportunistic infections）的出现，如白假丝酵母病和特别低的 T 淋巴细胞数量，或消耗性综合征，或精力衰退。

22.53 条件致病感染为什么与 AIDS 有关?

如果一个人患上 AIDS，通常会出现条件致病性感染。这种感染可能是卡氏肺囊虫引起的肺炎、隐孢子虫属引起的腹泻、鼠弓浆虫引起的脑炎、巨细胞病毒引起的严重眼部感染和眼睛失明、由白假丝酵母引起的黏膜和食道的白假丝酵母病、微荚膜新隐球酵母引起的脑膜炎，或单纯性疱疹、结核病，或称为卡波西肉瘤（Kaposi's sarcoma）的皮肤癌。这些病可用不同的

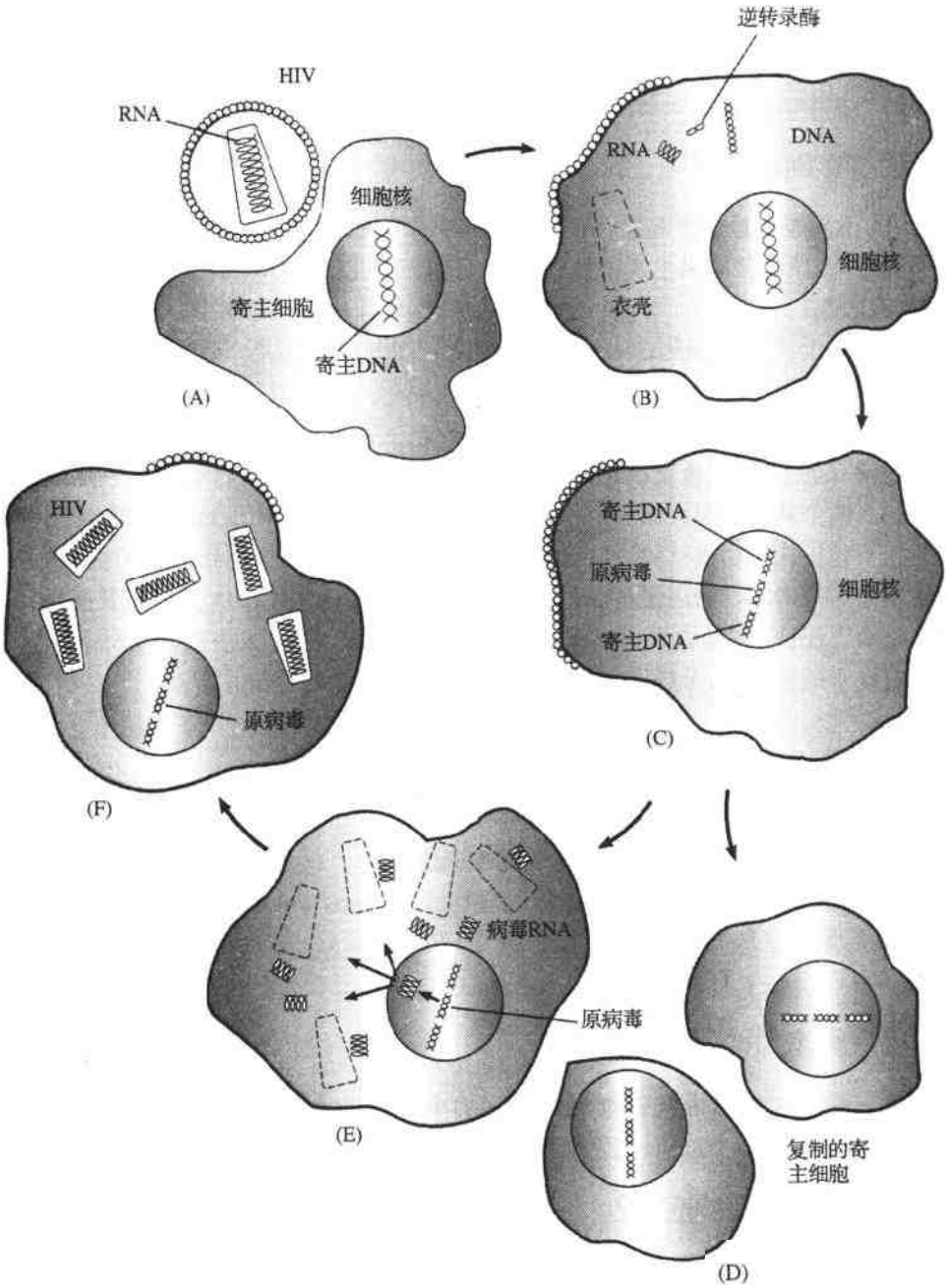


图 22－3　人免疫缺陷病毒(HIV)的复制周期。(A) 病毒包膜与寄主细胞膜融合在一起，核壳进入细胞质；(B)衣壳溶解，反转录酶以 RNA 为模板合成 DNA；(C)DNA 分子作为原病毒整合进细胞核；(D) 当寄主细胞复制时，原病毒也复制；(E) 原病毒也编码新的病毒；(F) 新的病毒从寄主细胞膜上以出芽的方式出来，继续感染新的细胞。

药物治疗，但 AIDS 病人要持续不断地与一个又一个的疾病斗争。

22.54　截止到 1996 年 6 月，美国 AIDS 病流行的范围有多大?

截止到 1996 年 6 月，在美国接近有600 000病例被确诊为 AIDS 病，大约有400 000患者死亡。

22.55　何种药物可以治疗 HIV 感染和 AIDS?

到 1996 年，有两组药物可以抑制 HIV 的增殖。一组是**链终止物**(chain terminators)，如**叠氮胸苷**(AZT)、**双脱氧胸腺嘧啶**(dideoxycytidine，ddC)和**双脱氧次黄嘌呤**(dideoxyinosine，

ddI)。这种药物干扰以病毒的 RNA 为模板的 DNA 分子的合成，能有效地干扰反转录酶的活性。第二组药物由**蛋白酶抑制剂**(protease inhibitors)组成。它能通过干扰壳蛋白生成过程最后几步中的一步来抑制复制周期结束阶段阻止病毒壳蛋白的合成。

22.56 何种诊断试验可用于检测 HIV 感染?

AIDS 的诊断通常是依据测定存在抗 HIV 抗体的抗体试验。大约感染六周后，机体才能生成足够的抗体，使试验结果呈现阳性；所以，在这段时间之前的试验，可能因抗体不够而呈现阴性结果(假阴性)。另外的试验是根据抗原的试验，设计检测病毒本身。试验采用基因探针，如果原病毒存在于 T 淋巴细胞之中，则可通过联合检出病毒的 DNA(原病毒)而进行诊断。

22.57 研制出 AIDS 疫苗的前景如何?

至今还没有抗 HIV 的**疫苗**。比如还存在是用整个病毒还是用病毒的某一片段来做疫苗这样的问题。两个从病毒包膜的刺突中分离出来的糖蛋白 **gp120** 和 **gp41** 可能会用于研制疫苗。因为找不到模式动物做试验，疫苗的研制工作受到阻碍，也难找到抗体阳性，并能忍受因存在抗体阳性而带来歧视的志愿者。尽管如此，已有用 gp120 和 gp41 分子以及感染灵长目的猿免疫缺陷病毒(SIV)制备的候选疫苗，也已把此病毒变异，使之失去蛋白质外壳。这种候选疫苗现在都处于试验阶段，希望不久能研制出一个适合大众的疫苗。

其他疾病

22.58 由原生动物引起的流传最广的血液感染疾病是哪种?

大概世界上最重要的公共健康问题是**疟疾**(malaria)。每年发生达 3 亿的病例。此病是由原生动物中的几种疟原虫引起，包括间日疟原虫(*Plasmodium vivax*)、三日疟原虫(*P. malariae*)、卵形疟原虫 (*P. ovale*)和恶性疟原虫(*P. falciparum*)。寄生虫的生活周期如图 22-4所示。

22.59 疟疾影响哪种细胞?

疟疾是一种红细胞病，由按蚊属(*Anopheles*)中的蚊子传播。侵入血流后，寄生虫进入红细胞，经历其生活史的各个时期，随之红细胞遭到破坏。

22.60 如何解释疟疾的症状?

疟疾的症状与红细胞被破坏有关。患者忍受严重的贫血，周期性发冷，发热。在患疟疾病期间，由于疟原虫不断地侵蚀新的红细胞，进而重复其生活周期。由于红细胞被破坏，血管常发生严重堵塞。因尿中出现血红色素，该病有时也称为**黑尿热**(blackwater fever)。

22.61 何种方法可治疗疟疾?

传统治疗疟疾的方法是使用奎宁及其合成衍生物氯奎宁、伯氨奎宁。近些年，出现了疟原虫属的抗性株，这些药物的使用受到威胁。防止该病流行的主要方法是控制蚊子，研制疫苗也在进行之中。

22.62 哪种原生动物引起弓形体病? 此病是如何传播的?

引起**弓形体病**的是鼠弓浆虫。与疟原虫一样，它也属原生动物孢子纲。它常出现在家养的猫身上，通常是通过接触传染，如清理垃圾箱。鼠弓浆虫也通过生的或半生的牛肉传播。

22.63 弓形体病的哪两种情况特别引人注目?

弓形体病发生在胎儿身上是很危险的。如果孕妇将病原体传给她的孩子，胎儿将可能患

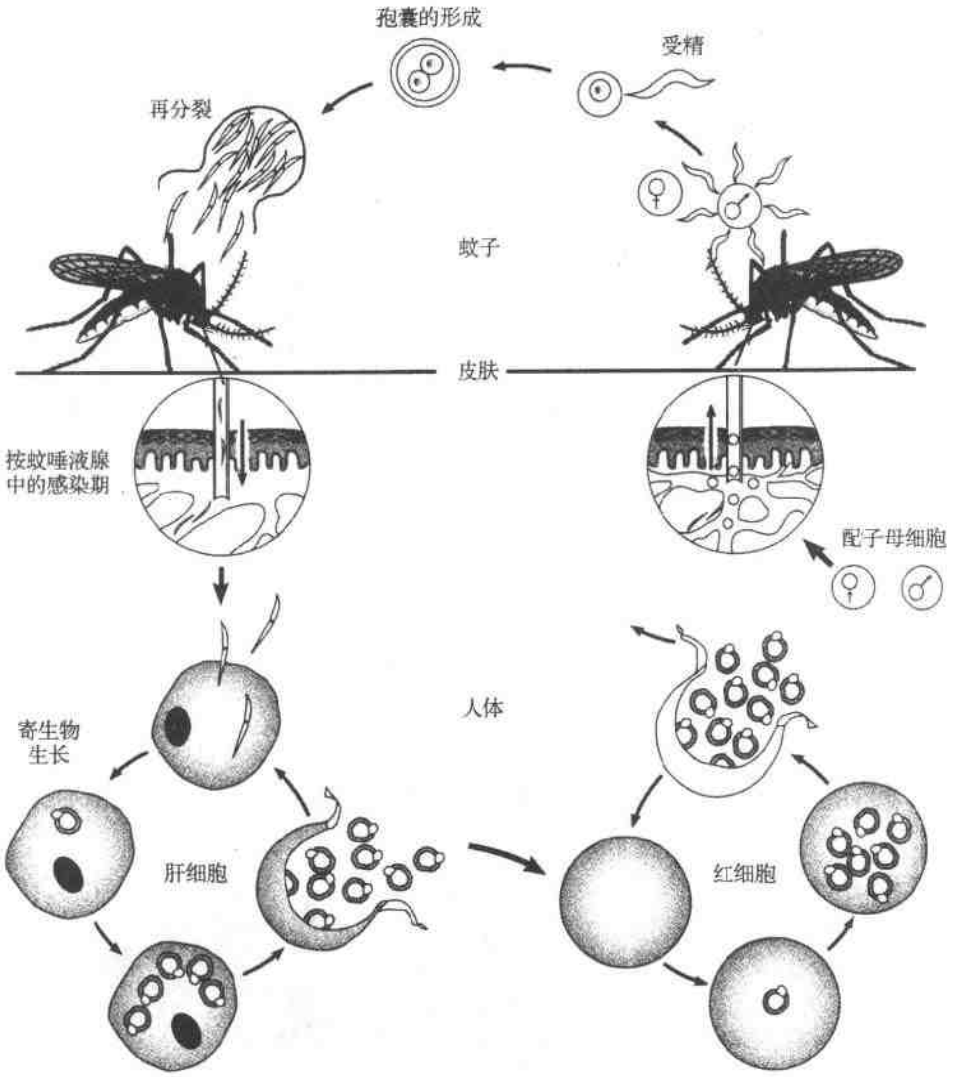


图 22-4　疟原虫的生活周期。生殖细胞受精发生在蚊子中，然后蚊子将寄生物注入受害人的血液。寄生物转移至肝细胞，然后又感染红细胞，在那儿生殖细胞（配子母细胞）形成。红细胞的大量破坏，导致患者死亡。

有先天性缺陷，如失明、神经迟钝和运动障碍。弓形体病也是 HIV 患者易感染的一种条件致病性疾病，是一种伴有类似癫痫失调的大脑炎症。乙胺嘧啶和磺胺类的衍生物等药物常用于治疗此病。

22.64　哪种原生动物引起巴倍虫病？

巴倍虫病（babesiosis）是由一种原生动物田鼠巴倍虫（*Babesia microti*）引起的。它由被感染的蜱传播，能引起红细胞疾病。此病伴有高烧和贫血，症状与疟疾很相似，但程度上要轻得多。

22.65　哪种多细胞寄生虫引起严重的血管和淋巴管疾病？

班氏吴策线虫（*Wuchereria bancrofti*）通过伊蚊属和按蚊属等几种蚊子传播到淋巴管。线虫随之在淋巴管内繁殖，引起淋巴管严重肿大，导致浮肿和身体严重变形，称为**象皮病**（elephantiasis）。图 22-5 所示的患者表现出其症状。这种病通常发生在人体的四肢。

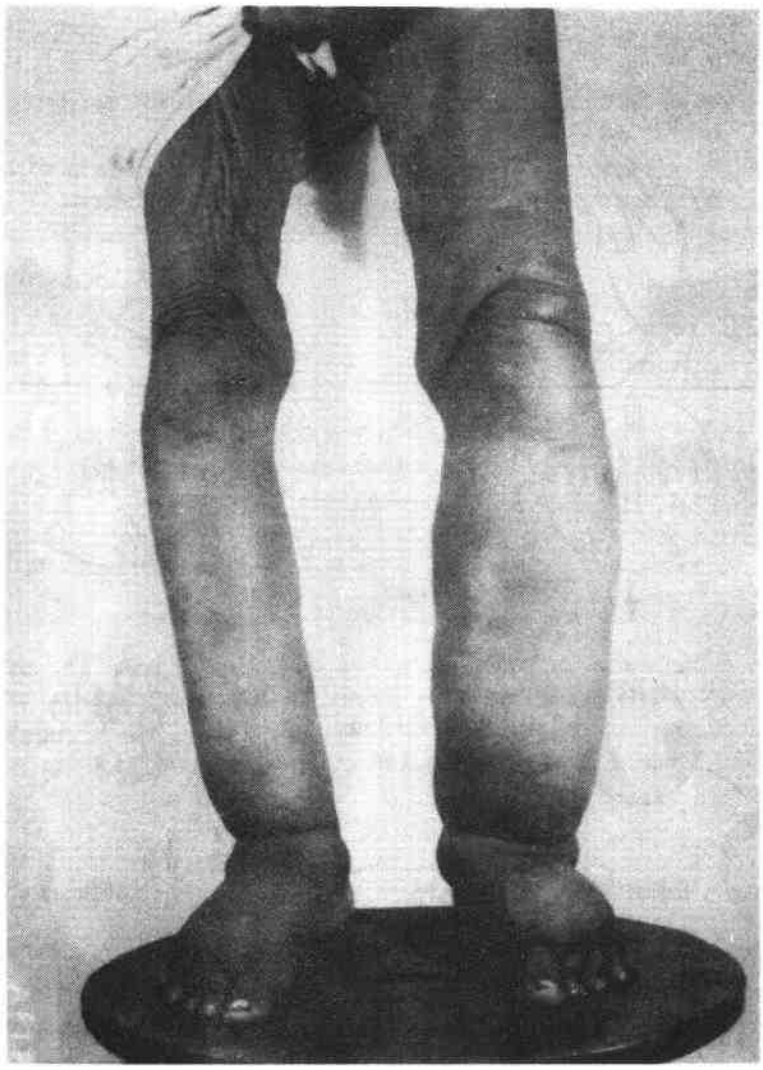


图 22-5　象皮病的症状，一种由线虫感染的淋巴管病。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 心内膜炎是由(　　)感染心内膜引起的。　(a)鼠疫耶尔森氏菌　(b)流产布鲁氏菌　(c)化脓链球菌　(d)土拉热弗朗西丝菌
2. 绝大多数炭疽病是在病原微生物通过(　　)进入血流后发作的。　(a)食物　(b)皮肤伤口　(c)被动物咬了以后　(d)被节肢动物咬了以后
3. 引起鼠疫的病原菌是(　　)。　(a)革兰氏阳性菌　(b)革兰氏阴性菌　(c)两端着色的革兰氏阴性菌　(d)原生动物
4. 传播鼠疫的两种方式是(　　)。　(a)被污染的食物和水　(b)飞沫和蚊子叮咬　(c)鼠蚤和飞沫　(d)性接触和动物叮咬
5. 周期性波浪式的高烧和低烧是(　　)的特征。　(a)鼠疫　(b)莱姆氏疏螺旋体病　(c)单核细胞增多症　(d)布鲁氏菌病
6. 下述皆为流行性回归热的正确说法，除了(　　)之外。　(a)是由大量的螺旋体引起的　(b)伴有高烧、恢复和多次复发　(c)能用四环素治疗　(d)通过皮肤接触传播
7. 莱姆氏疏螺旋体病的典型特征包括(　　)。　(a)慢性游走性红斑　(b)玫瑰斑　(c)严重脑膜炎　(d) 呼吸道损伤

8. 以下病皆由立克次氏体引起，除了(　　)之外。 (a)恙虫热伤寒 (b)洛基山斑疹热 (c)战壕热 (d)土拉菌病
9. 人的埃利希氏病是由(　　)传播的。 (a)鼠蚤 (b)蜱 (c)螨 (d)虱
10. 下列所述均为气性坏疽病病原菌的特征，除了(　　)之外。 (a)厌氧 (b)革兰氏阳性 (c)球菌 (d)产芽孢
11. 下列只有(　　)的说法对黄热病是正确的？ (a)是由病毒引起的 (b)是体虱传播的 (c)在北美洲发病率高 (d)没有疫苗可以用于防治此病
12. 由螨立克次氏体引起的病类似于(　　)。 (a)鼠疫 (b)产褥热 (c)炭疽病 (d)水痘
13. 很多立克次氏体病伴有的皮疹可被描述为(　　)。 (a)牛眼 (b)乳突斑 (c)瘀斑 (d)玫瑰斑
14. 高压仓和用清创术切除坏死组织，对以下(　　)是必需的。 (a)莱姆氏疏螺旋体病 (b)脓毒性休克 (c)气性坏疽 (d)淋巴腺鼠疫
15. 大多数布鲁氏菌病例是在人(　　)以后感染上的。 (a)被蚊子叮咬 (b)食用污染的乳制品 (c)被蜱叮咬 (d)接触感染的病人
16. 莱姆氏疏螺旋体病和回归热是由(　　)引起的。 (a)螺旋体 (b)病毒 (c)原生动物 (d)立克次氏体
17. 下列皆为莱姆氏疏螺旋体病的特征，除了(　　)之外。 (a)是由疏螺旋体引起的 (b)可用四环素类药物治疗 (c)在大关节处常患有关节炎 (d)该病由蚊子传播
18. 登革热在(　　)方面与黄热病类似。 (a)都是由蜱传播 (b)都是由 RNA 病毒引起 (c)都感染肺部 (d)都发生在北极地区
19. EB 病毒与(　　)病有关。 (a)五号病 (b)黄热病 (c)感染性单核血球病 (d)布鲁氏菌病
20. 柯萨奇病毒与下列人类疾病皆有关系，除了(　　)之外。 (a)无菌性脑膜炎 (b)心肌炎 (c)胃肠炎 (d)肺炎
21. 细小病毒属 B19 号株能引起(　　)。 (a)慢性疲劳综合征 (b)登革热 (c)战壕热 (d)五号病
22. 淋巴细胞成为特征性的短茸毛细胞是与(　　)有关的。 (a)大地病毒 (b)埃博拉病毒(Ebola 病毒) (c)EB 病毒 (d)弹状病毒
23. 炭疽芽孢对环境变化有极强的抗性，因此可用于(　　)。 (a)生物武器 (b)病毒研究 (c)生物化学突变 (d)工业加工
24. 五号病的特征之一是(　　)。 (a)肠道损伤 (b)面颊上有鲜红色皮疹 (c)淋巴结肿大 (d)入侵部位有损伤
25. 被污染的兔肉可能是(　　)的传播模式。 (a)疟疾 (b)土拉菌病 (c)感染性单核血球病 (d)登革热
26. 疟疾是人类(　　)的疾病。 (a)星形旋质细胞 (b)结缔组织 (c)红细胞 (d)巨噬细胞
27. 孕妇应尽量避免暴露于(　　)的病原体下。 (a)弓形体病 (b)鼠疫性肺炎 (c)回归热 (d)立克次氏体痘
28. 奎宁和其合成衍生物氯奎宁及伯氨奎宁能最有效地治疗(　　)。 (a)弓形体病 (b)五号病 (c)疟疾 (d)莱姆氏疏螺旋体病
29. 弓形体病和疟疾的病原体均属于(　　)。 (a)革兰氏阴性杆菌 (b)孢子纲 (c)丝状病毒群 (d)螺旋体
30. 严重的淋巴管病可能由(　　)引起。 (a)埃及伊蚊 (b)鼠疫耶尔森氏菌 (c)班氏吴策线虫 (d)按蚊属

是非题 判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则替换划线的词进行更正。

__ **1.** 心内膜炎与化脓链球菌有关，它引起心肌感染。
__ **2.** 炭疽芽孢杆菌是革兰氏阳性的产芽孢的球菌，它会引起称为炭疽病的严重的血液病。
__ **3.** 鼠疫由鼠疫耶尔森氏菌引起，它是抗酸性染色阳性杆菌，由鼠蚤传播。
__ **4.** 三种鼠疫分别是发生在淋巴结的淋巴腺鼠疫、侵染整个血液循环系统的败血症鼠疫和侵染肺部的肺炎鼠疫。
__ **5.** 因为有周期性的高烧和低烧，布鲁氏菌病也称为回归热。
__ **6.** 莱姆氏疏螺旋体病的病原菌——布氏疏螺旋体是杆菌，很难在光学显微镜下看清。
__ **7.** 大多数立克次氏体病产生的皮疹，开始时会出现红斑，称为溶血性皮疹。
__ **8.** 传播洛基山斑疹热的节肢动物是螨。
__ **9.** 黄热病是由细菌引起的，由伊蚊属某种蚊子传播。
__ **10.** 因为有严重的关节炎和骨头痛症状，登革热也称为断骨热。
__ **11.** EB 病毒被确认能引起感染性单核血球病，并通常通过唾液传播。
__ **12.** 埃博拉病毒(Ebola 病毒)和弹状病毒都是被称为丝状病毒的 RNA 病毒，它能引起严重的皮肤和器官出血及高烧。
__ **13.** 疟疾的病征是在面颊上出现鲜红色的皮疹。
__ **14.** 弓形体病是由细菌鼠弓浆虫引起的，它是由家养的猫传播的。
__ **15.** 经被感染蚊子传播，原生动物能引起巴传虫病。

匹配题 选择 A 栏中最合适的症状与 B 栏中的病相匹配。

A 栏	B 栏
__ 1. 回归热	(a) 由普氏立克次氏体引起
__ 2. 鼠疫	(b) 也称为“毛工”病
__ 3. 黄热病	(c) 由螨传播
__ 4. 产褥热	(d) 引起动物传染性流产
__ 5. 流行性斑疹伤寒	(e) 伴有牛眼疹
__ 6. 布鲁氏菌病	(f) 红细胞病
__ 7. 五号病	(g) 通过兔肉传播
__ 8. 心内膜炎	(h) 与家养猫有关
__ 9. 疟疾	(i) 由 β-溶血链球菌产生
__ 10. 莱姆氏疏螺旋体病	(j) 由厌氧芽孢杆菌引起
__ 11. 弓形体病	(k) 由鼠蚤传播
__ 12. 炭疽病	(l) 由回归热疏螺旋体引起
__ 13. 恙虫热斑疹伤寒	(m)称为传染性红斑
__ 14. 土拉菌病	(n) 链球菌感染的心瓣膜病
__ 15. 气性坏疽	(o) 由 RNA 病毒引起

(宋怡玲 译)

第23章 泌尿生殖系统微生物的疾病

内　容

泌尿生殖系统的微生物性疾病包括性传播疾病(STD),它每年感染数百万的美国人。本章的内容有:

1. 专门讨论与泌尿和生殖道感染有关的微生物。
2. 概述中毒性休克综合征和毛滴虫病的典型症状及其可行的治疗方案。
3. 阐述淋病及其重要特征,并指出有关的并发症。
4. 阐明梅毒三个感染阶段的一般过程。
5. 总结衣原体的有关知识,并指出为什么衣原体病与淋病极为相似。
6. 阐明如尿素支原体引起的尿道炎、性病淋巴颗粒瘤和腹股沟肉芽肿等鲜为人知的STD病的病因及特征。
7. 概述不同类型的单纯疱疹的微生物学内容,并指出其传播方式及治疗方案。

原理和问题

23.1 哪些因素可引起人的尿道感染?

多种因素能使人发生尿道感染。这些因素包括糖尿病、尿流障碍(如肾结石和肾肿瘤)等。女性肛门和尿道的距离近,致使尿道易感染肠道细菌,如大肠杆菌、变形杆菌、葡萄球菌和假单胞菌属的某些种。条件致病真菌白假丝酵母也可能通过肠道传播。

23.2 尿道炎、膀胱炎和输尿管炎之间的区别是什么?

尿路感染发生在尿道中,称为**尿道炎**(urethritis);如果感染发生在膀胱中,就称为**膀胱炎**(cystitis);如果感染发展到输尿管,就称为**输尿管炎**(ureteritis)。肾感染通常称为**肾盂肾炎**(pyelonephritis)。若男性前列腺肿大,称为**前列腺炎**(prostatitis),它经常伴有尿路感染。

泌尿道疾病

23.3 哪种细菌引起钩端螺旋体病?

钩端螺旋体病是由问号钩端螺旋体(*Leptospira interrogans*)引起。此菌通常在家养和野生动物身上引起疾病,但人可由于接触土壤或水中被感染动物的尿液而被感染。因为被感染动物排出的螺旋体在尿中。皮肤伤口通常是此菌传播至人体内的一种途径。

23.4 钩端端旋体病的一些典型症状是什么?

钩端螺旋体病伴有肌肉痛、发热和突然打寒战。虽然在某些病例中,高烧会消失后又发作,但此病一般没有其他特殊的症状。有些病人肝脏会被感染,称之为**韦尔氏病**(Weil's disease)。如果肾脏被感染,则可能导致死亡。

23.5 哪种治疗方法可用于钩端螺旋体病?

钩端螺旋体病的病原菌对许多抗生素包括青霉素都很敏感。但抗生素治疗应开始于患病早期,这就是要进行早期诊断的原因。抗生素也可用于被感染的宠物,动物也可用疫苗预防此病。

23.6 链球菌可引起尿道感染吗?

如果血液经常感染β-溶血链球菌,即化脓链球菌,会导致肾肿胀。称为肾**小球性肾炎**(也称 **Bright 氏病**)。此病是由免疫系统的活性及Ⅲ型过敏反应造成的免疫复合物型反应。此病伴有发烧和高血压。

生殖道疾病

23.7 哪种细菌能引起细菌性阴道炎?

细菌性阴道炎(bacterial vaginitis)通常指正常的微生物菌群被打乱而使有害细菌在阴道中繁殖所导致的阴道感染。过量使用抗生素会破坏正常存在的产酸的乳酸杆菌。而其他细菌在无酸环境下得以增殖。最常见的引起阴道炎的细菌是阴道加德纳氏菌(*Gardnerella vaginalis*),它是革兰氏阴性杆菌。某些如拟杆菌属的厌氧菌有时也与此病有关。

23.8 什么情况伴有生殖系统中的中毒性休克综合征?

中毒性休克综合征 (toxic shock syndrome, TSS)通常是由于阴道菌群中出现的金黄色葡萄球菌而发生的。如当该菌在高吸水性的止血塞中大量繁殖时,会分泌被血流吸收的外毒素。此时,毒素诱发发热、躯干皮肤红疹和低血压。低血压会导致休克。在阴道中减少使用高吸水性的吸血棉塞或其他物品,可以降低发生中毒性休克(TSS)的可能性。

23.9 何种原生动物会引起大多数性传播疾病?

阴道毛滴虫是引起大多数**毛滴虫**病的病原,初级性传播疾病是由原生动物引起。其他种的微生物包括人毛滴虫(*Trichomonas hominis*)和口腔毛滴虫(*T. tenax*)也能引起此病。所有上述三种带鞭毛的原生动物都有波动膜。

23.10 人体中毛滴虫病的典型症状是什么?

毛滴虫病的症状包括休内不适、强烈瘙痒和生殖道分泌大量乳白色物。也会有恶臭味。女性比男性症状更为显著。检验分泌物时会发现有毛滴虫。

23.11 何种方法可用于治疗毛滴虫病?

恢复阴道中正常微生物菌群是消除毛滴虫病的根本方法。也可使用药物甲硝基羟乙唑(灭滴灵)治疗,但怀孕期禁用,药物可引起流产。

23.12 哪种微生物会引起淋病?

淋病是在美国最常见报道的性传播疾病之一,每年有超过 600 000 病例的报道。如图 23-1所示,在过去几年里,尽管发病率有所下降,但患者数量仍保持在较高的水平上。此病由淋病奈瑟氏球菌引起,它是一种革兰氏阴性双球菌。这个双球菌像一对蚕豆,脸对脸靠在一起。这种菌的大多数菌株都很脆弱,但是有几株可以抵抗干燥,能暴露于体外环境中。该菌有纤毛,能吸附在尿道内层的细胞上。

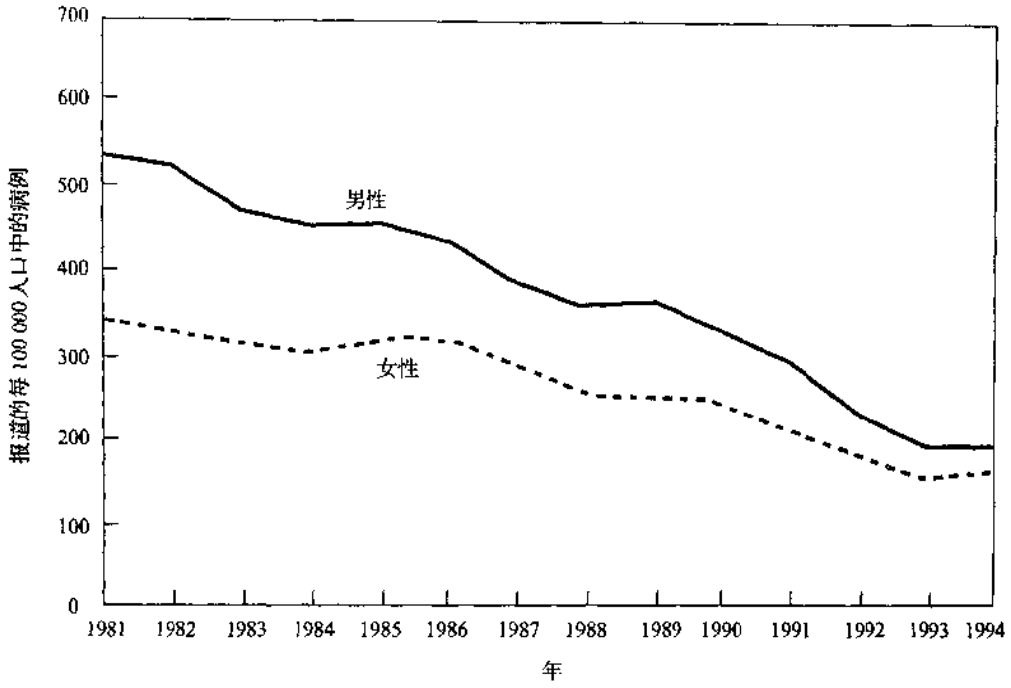


图 23-1　1981 年~1994 年间美国的淋病发病率。早期发现及治疗，使得发病率有所下降，特别是在男性中。但相对于其他疾病，淋病发病率仍然居高。

23.13　淋病的特征是什么?

淋病是一种从膀胱通向体外的管道即尿道的疾病。男性的尿道是一根一直延伸穿过阴茎的长管；女性的尿道很短。淋球菌(gonococci)，即淋病奈瑟氏球菌的俗称，感染尿道细胞，但在女性中，感染通常没有什么症状。而男性有白色分泌物从泌尿生殖道排出，有内部疼痛和不适。此病通过性交传播。

23.14　除尿道感染外，淋病还有其他现象吗?

淋病可发生在身体的许多部位。例如，当通过口交传播时，淋病可能在咽喉发生。当出血和便秘时，也会感染直肠。在女性中，子宫可能被感染，并且当感染扩展至盆腔的其他器官时，许多女性可引起**骨盆炎症疾病**(pelvic inflammatory disease，PID)。如果使输卵管结疤，就可能导致不育。关节感染时，可能引发关节炎。

23.15　淋病对新生儿有危险吗?

在出生过程中，新生儿通过产道时，可能会感染上淋球菌。为了排出感染的可能性，新生儿出生后，其眼睛应立即用抗生素或硝酸银处理。新生儿眼部的感染称为**淋球菌结膜炎**。

23.16　何种手段可用于诊断和治疗淋病?

淋病诊断要确保采用实验室培养法，淋球菌可以在培养中进行鉴别。更复杂的酶孕试验可用以实验室观察验证淋球菌。至于淋病的治疗方法，传统上推荐使用青霉素。但近些年出现了淋病奈瑟氏球菌的抗青霉素菌株，但也已有可行的治疗方法，这些方法包括壮观霉素、四环素和荧光奎诺酮抗生素。

23.17　梅毒的病原体是什么?

梅毒的病原体是苍白密螺旋体。它能运动，在暗视野显微镜下，能观察到其运动性。此菌极难在实验室培养，诊断一般需要直接观察。此菌在人体间主要通过性交等性接触方式传播。

23.18 梅毒病一般的发展历程是什么?

梅毒的发展一般涉及几个连续的阶段。**梅毒一期**(primary stage)表现为在螺旋体进入体内的部位(通常在内外生殖器),有无痛的硬伤称为**硬下疳**(chancre)。几星期过后硬下疳消失,潜伏期随之而来。**梅毒二期**(secondary stage)会在几星期或几年后出现,梅毒二期伴有带有多疱状突起损伤的皮疹和皮肤裂伤,如图 23-2 所示。此时,头发和眼眉会脱落。常见有肝炎,可能发生流感综合征。这时的病人传染性很强。过一段时间,损伤愈合,另一个潜伏期开始。**梅毒三期**(tertiary stage)可能在几年后出现。这一期的特征是有**梅毒肿**(gumma)形成,它是一种在脑和主要血管中形成的黏性和粒状损伤。患者常有神经麻痹和错乱,常有血管永久性损伤,死亡通常伴有心脏和血管组织的损坏。

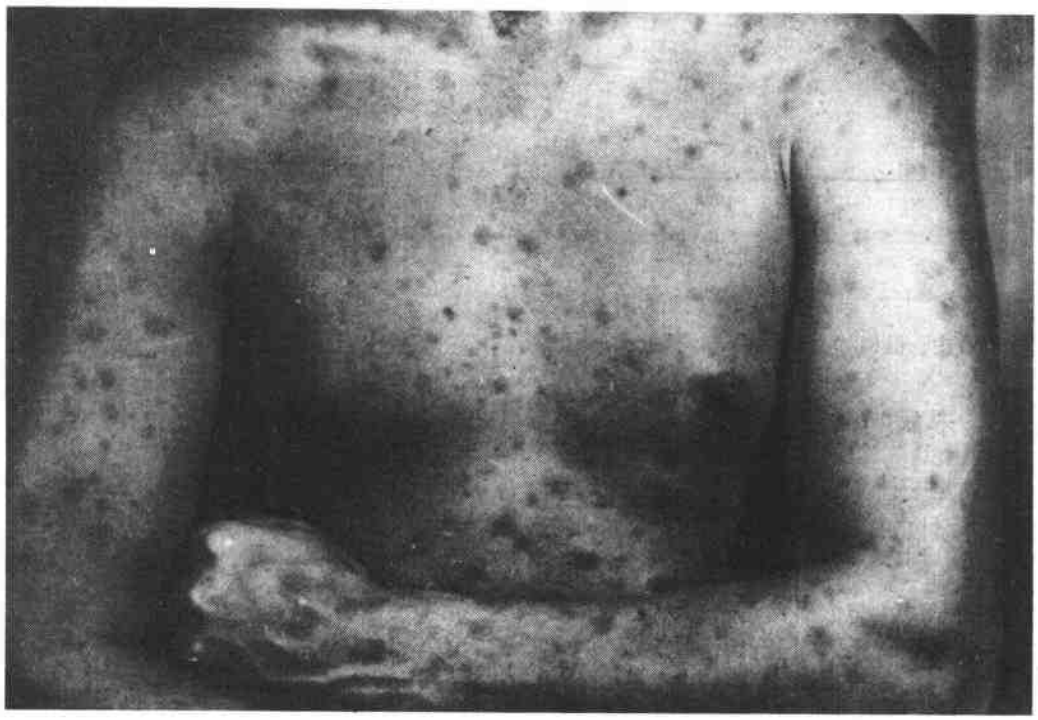


图 23-2　梅毒患者的皮肤损伤。

23.19 如何诊断梅毒?

梅毒一期可以通过在硬下疳里镜检出螺旋体来诊断。在第一潜伏期,血化验抗体会呈阳性。梅毒二期,螺旋体可在损伤的机体和组织中找到。梅毒三期,症状多是免疫系统反应的结果,诊断是基于出现的症状。VDRL 试验可用于检测梅毒抗体,也可用补体结合(Wasserman)试验,但不常用。

23.20 如何治疗梅毒?

梅毒通常用青霉素治疗。在第一潜伏期、第二潜伏期及梅毒二期治疗时特别有价值,但在梅毒三期治疗就不行了。四环素可代替青霉素用于治疗。

23.21 梅毒可以从母亲传给孩子吗?

梅毒的危险性之一是可能发展成**先天性梅毒**(congenital syphilis),这种情况下,螺旋体从母亲血液中穿过胎盘进入胎儿血液。新生儿显现出如先天性梅毒牙(Hutchinson 氏牙)、早老脸(症)和鼻损伤等症状。先天性梅毒也可引起死亡。

23.22　何种细菌引起软下疳?

软性下疳(chanroid)是由革兰氏阴性杆菌的杜氏嗜血菌(*Haemophilus ducreyi*)引起的性传播疾病。此菌呈线状排列,在性接触时传播。

23.23　软性下疳的特征是什么?

软性下疳,也称**软下疳**,是因传播后几天在生殖器官处产生的软且痛的损伤而得名。损伤(下疳)易出血,在排尿时和排尿后常伴有灼烧般的感觉。如果传播到舌头和嘴唇时,这些部位也可染上软下疳。腹股沟淋巴组织的增生称为**腹股沟腺炎**(bubo)。

23.24　哪些药物可用于治疗软性下疳?

大多数软性下疳可用抗生素药物如四环素、红霉素治疗。损伤经治疗后能迅速愈合,但由于组织被破坏而要留下疤。此病通常可通过在软下疳处分离到病原菌来诊断。

23.25　哪种疾病与衣原体病最为相似?

衣原体病与淋病极为相似。其症状包括排菌以及阴茎疼痛和排尿时针扎似的感觉。但这些症状一般比淋病要轻。衣原体病的并发症可导致骨盆炎症疾病,淋病也一样。衣原体病有时又指**非淋球菌尿道炎**(nongonoccal urethritis),由此可区别于称为淋球菌尿道炎的淋病。衣原体病也可在婴儿出生时被传染上,使新生儿患上眼病。

23.26　哪种微生物引起衣原体病?

衣原体病是由沙眼衣原体引起,它是**衣原体科**的一种极小的细菌。直径只有0.25μm,已超出光学显微镜的分辨率,在光镜下无法观察。而在实验室中也很难培养,也是沙眼和淋巴颗粒瘤的病原体。

23.27　衣原体病如何治疗?

衣原体病对四环素类等抗生素敏感。磺胺类药物也可用,两者都用于治疗和预防目的。红霉素用于新生儿的眼睛,可预防**衣原体性结膜炎**。

23.28　有由于衣原体引起的性传播疾病吗?

人型支原体(*Mycoplasma hominis*)会引起**支原体性尿道炎**。这种感染的症状与淋病和衣原体病类似。用红霉素治疗,疗效显著,但用青霉素时效果欠佳,因为支原体没有细胞壁。

23.29　原素原体能引起 STD 吗?

尿素原体(ureaplasma)是代谢尿素的一种支原体。一种称为解脲尿支原体(*Ureaplasma urealyticum*)的尿素原体,会引起非淋球菌性尿道炎。因为太小(大约0.15μm),在光学显微镜下看不到。**尿素原体性尿道炎**(ureaplasma urethritis)经常会导致精子数量下降和精子运动能力降低,此时就会导致不育。四环素可控制这种感染。

23.30　性病淋巴颗粒瘤的主要特征是什么?

性病淋巴颗粒瘤(lymphogranuloma venereum)的典型症状是淋巴结肿大和疼痛,导致形成充满脓汁的淋巴结肿大(buboes)。生殖器区域内,皮肤肿胀也是因为淋巴管阻塞所致。也可能发生直肠感染,会导致直肠的慢性感染。也可能发生结膜炎,即眼睛的结膜感染。

23.31　哪种微生物引起性病淋巴颗粒瘤?这种病是如何传播的?

性病淋巴颗粒瘤是由沙眼衣原体引起的,它与引起衣原体病的菌株相同。最常见的传播

途径是性接触。此病在世界上的温暖地区最流行。

23.32 什么药物能有效治疗性病淋巴颗粒瘤？如何诊断此病？

四环素可优先用来治疗性病淋巴颗粒瘤。如果患者对四环素过敏，可用红霉素代替。在感染的淋巴结肿样中通过包含体的确认来进行诊断。

23.33 何种微生物能引起腹股沟肉芽肿？

一种小的革兰氏阴性、带荚膜的杆菌会引起**腹股沟肉芽肿**（granuloma inguinale）。这种菌称为肉芽肿鞘杆菌(*Calymmatobacterium granulomatis*)。

23.34 腹股沟肉芽肿病的特征是什么？如何治疗？

腹股沟肉芽肿的特别迹象是在靠近生殖器部位出现无痛、不规则的溃疡。此病通过性接触传染，病原菌可通过手指污染传播给身体其他部位。四环素和氨苄青霉素可用于治疗。

23.35 杜诺凡氏体与腹股沟肉芽肿有何联系？

杜诺凡氏体(Donovan body)是在腹股沟肉芽肿的组织中形成的大单核细胞的积累。从损伤组织中的刮除物中检出杜诺凡氏体，是此病的诊断特征。

23.36 哪种最流行的性传播疾病与病毒有关？

与最流行的性传播疾病(sexually transmitted disease，STD)有关的病毒是**单纯疱疹病毒**。单纯疱疹病毒Ⅰ型通常引起腰部以上部位的感染；而单纯疱疹病毒Ⅱ型一般引起大多数生殖器皮疹病。病毒在生殖器区域组织中繁殖，诱使形成很疼的细小的、充满液体的小疱。在大约三星期后，小疱自愈，不留痂痕。

23.37 单纯疱疹病毒将来还能复发吗？

单纯疱疹病毒的特点之一是在潜伏期后恢复感染活性。在已被感染的人中，这种复发的百分比较小。这种重复感染是由留在靠近皮肤的神经组织的神经节的病毒引起的。

23.38 生殖器瘤疹由性交传播吗？

虽然大多数生殖器疱疹病是通过性交传播的，其他行为如口交也能传播病毒。虽然无生命的物品极少引起传播，但被污染的毛巾、浴池热水，都能在个体间传播病毒。

23.39 患有生殖器疱疹对女性来说，有否特殊的问题呢？

患有生殖器疱疹的女性可能会通过胎盘把病毒传播给胎儿。在 TORCH 组中，H 就代表单纯疱疹病毒。可能发生小产，或者新生儿会带有神经损害或皮肤损伤。如果孕妇被感染，在产程中也能传播病毒，症状在胎儿出生后出现。

23.40 有用于治疗生殖器疱疹的药物吗？

无环鸟苷已成功地用于治疗生殖器疱疹。阿昔洛韦是药房中使用的该药的商品名称。它不能完全消灭生殖器疱疹，但它可延长病毒攻击的间隔时间，并降低攻击时病情的严重程度。

23.41 除生殖器疱疹外，单纯疱疹病毒还能引起其他疾病吗？

单纯疱疹病毒能引起众多病症，包括唇疱疹(溃疡疮)、儿童的咽部病灶(龈口炎)、角膜和结膜感染(keratoconjunctivitis，角膜结膜炎)、肺部感染(肺炎疱疹)、脑部感染(脑炎疱疹)、甲沟炎疱疹(herpes whitlow，手指上的疱疹损伤)。这些疾病通过从被感染的部位释放病毒的

方式在个体间传播。

23.42　哪种微生物引起生殖器疣?

最近研究表明,**生殖器疣**(genital wart)是一种可传播的疾病,通常是性传播疾病。病原菌是许多人类乳头状瘤病毒中的任何一种。生殖器疣的发病率在增加,在美国此病是最常见的性传播疾病。

23.43　生殖器疣的别名是什么?

生殖器疣也称**尖锐湿疣**(condyloma accuminata)。这个病名是指在生病时疣的外形像无花果。疣可以长在男性和女性的任何生殖器上,不论是内生殖器还是外生殖器。

23.44　为什么认为巨细胞病毒是性传播疾病?

巨细胞病毒从体内的多种流体中释放,如唾液、尿液、血液和精液。因此,它能以包括性交在内的多种方式传播给他人。孕妇可把巨细胞病毒传播给胎儿。可感染胎儿的多个器官,大脑也能受损。TORCH 组的 C 表示巨细胞病毒。

23.45　白假丝酵母能引起生殖道的何种疾病?

白假丝酵母是酵母状真菌,当条件适合时,它能在泌尿生殖道生长。这些条件常常涉及由于过量使用抗生素,乳杆菌被破坏而导致的阴道中酸性环境丧失。在这些条件下,白假丝酵母繁殖,引起"**酵母病**"。

23.46　白假丝酵母感染的特征是什么?

白假丝酵母病的特征包括严重瘙痒、发炎、有浓黄奶油状物质排出。可能有酵母气味。用霉抗唑、无霉唑或制霉菌素治疗,能有效地抑制感染。

23.47　AIDS 是性传播疾病吗?

AIDS 被认为是淋巴细胞疾病,在第 22 章已经讨论过。但引人注目的是 AIDS 的病毒却存在于精液中,通过性交传播。如果被感染的同伴生殖器有损伤,传染会更严重,因为病毒能通过破损部位进入血液。

复　习　题

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 多数钩端螺旋体病经由(　　)传播。　(a)空气中的孢子　(b)性接触　(c)污染的土壤或水　(d)污染的蔬菜作物
2. 肾小球性肾炎是由(　　)引起的肾脏炎症。　(a)革兰氏阴性杆菌　(b)酿脓链球菌　(c)表皮葡萄球菌　(d)真菌如白假丝酵母
3. 发热、躯干皮肤红疹和低血压以及使用高吸水性止血塞,表明此病是(　　)。　(a)尖锐湿疣　(b)ADIS　(c)腹股沟肉芽肿　(d)中毒性休克综合征
4. 引起毛滴虫病的是(　　)。　(a)原生动物　(b)革兰氏阳性的链球菌　(c)革兰氏阴性的链球菌　(d)病毒
5. 引起淋病的病原菌可描述为(　　)。　(a)革兰氏阴性的小的双球菌　(b)具荚膜的革兰氏阳性杆菌　(c)有芽孢的革兰氏阳性杆菌　(d)革兰氏阳性的厌氧杆菌
6. 除尿道外,淋病病原菌还感染(　　)。　(a)人体的上肢肌肉　(b)眼睛　(c)人体的下肢肌肉　(d)肝脏

7. 如果在(　　)发生炎症和结疤,不育症将是淋病患者长期的后果。 (a)尿道 (b)大阴唇 (c)直肠 (d)输卵管
8. 梅毒的病原体是(　　)。 (a)阴道毛滴虫 (b)苍白密螺旋体 (c)解脲尿支原体 (d)奈瑟氏淋球菌
9. 梅毒三期的症状是(　　)。 (a)硬下疳 (b)循环性虚脱 (c)腹股沟腺炎 (d)梅毒肿
10. 梅毒的诊断可通过观察(　　)。 (a)硬下疳中的病毒 (b)血液中菌丝互相缠绕 (c)皮肤损伤中的螺旋体 (d)尿道排泄物中的革兰氏阴性杆菌
11. 多数梅毒可用抗生素(　　)治疗。 (a)无霉唑 (b)庆大霉素 (c)氯霉素 (d)青霉素
12. 杜氏嗜血菌引起最熟悉的疾病(　　)。 (a)生殖器疣 (b)生殖器疱疹 (c)软性下疳 (d)Bright 氏病(肾小球性肾炎)
13. 衣原体病的症状与(　　)的症状很相似。 (a)梅毒 (b)腹股沟肉芽肿 (c)淋病 (d)巨细胞病毒感染
14. 下列特征皆符合衣原体,除了(　　)之外。(a)在实验室中难以培养 (b)有一型能引起沙眼 (c)它们属于细菌中较大的种 (d)它们对如四环素类的抗生素敏感
15. (　　)符合解脲尿支原体特征的描述。 (a)它是支原体 (b)在光学显微镜下能观察到 (c)不能引起已知的人类疾病 (d)对任何抗生素都不敏感
16. 淋巴结肿胀,也称淋巴结肿大,是感染(　　)的特征现象。 (a)毛滴虫病 (b)前列腺炎 (c)中毒性休克综合征 (d)性病淋巴颗粒瘤
17. 引起腹股沟肉芽肿的病原体可被描述为(　　)。 (a)大病毒 (b)小的革兰氏阴性杆菌 (c)大的革兰氏阳性杆菌 (d)革兰氏阳性的厌氧芽孢杆菌
18. 腹股沟肉芽肿患者的大单核细胞中的积累物称为(　　)。 (a)Lipshutz 氏体(核内包含体) (b)考西尔曼小体(councilman body) (c)内氏小体 (d)杜诺凡氏体
19. 单纯疱疹病毒常伴有(　　)。 (a)潜伏期 (b)大量的皮肤红疹 (c)在身体区域内有真菌生长 (d)生殖器有白色物排出
20. 在感染期,单纯疱疹病毒存活于(　　)。 (a)肠道中 (b)神经节中 (c)唾液腺中 (d)皮肤表面
21. 单纯疱疹病毒的传播能通过(　　)传给新生儿。 (a)出生过程 (b)用污染的牛奶等配制婴儿食物 (c)母亲的飞沫 (d)感染的玩具
22. 引起生殖器疣的病毒被认为是(　　)。 (a)疱疹病毒 (b)痘病毒 (c)乳头状瘤病毒 (d)多聚体病毒
23. TORCH 组病 C 代表(　　)。 (a)致细胞病变病毒(cytopathic virus) (b)巨细胞病毒(cytomegalovirus) (c)complimentary virus (d)浓缩的病毒(concentrated virus)
24. 过量使用抗生素可能导致阴道感染,因为有(　　)。 (a)白假丝酵母 (b)人免疫缺陷病毒 (c)生殖器疱疹病毒 (d)多瘤病毒
25. 治疗生殖道酵母菌感染的有效药物是(　　)。 (a)制霉菌素 (b)无霉唑 (c)无环鸟苷 (d)霉抗唑

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 膀胱感染一般称为_____。
2. 肝脏发生钩端螺旋体病时,其别名为_____。
3. 大多数钩端螺旋体病发生在家养或野生_____。
4. 中毒性休克综合征常是由于_____细菌的过量繁殖引起的。
5. 原生动物阴道毛滴虫具有波动膜,以_____方式运动。
6. 淋病是由淋病奈瑟氏球菌引起的,它是革兰氏_____性双球菌。
7. 大多数淋病发生在称为_____的管中。

8. 在_____中，淋病的症状更为明显。
9. 如果患有淋病的孕妇生出孩子，新生儿可能患上_____眼科疾病。
10. 引起梅毒的病原体呈现_____的形状。
11. 多数梅毒患者的明显症状出现在_____期。
12. 多数梅毒用_____药治疗。
13. 软性下疳患者，在生殖器上有软的、有痛感的损伤，此病的病原体是_____。
14. 衣原体病与_____病非常相似。
15. 治疗支原体性尿道炎，首选药物是_____。
16. 性病淋巴颗粒瘤是由_____病原体引起。
17. 腹股沟肉芽肿患者组织中有杜诺凡氏小体，它是大的_____的积累。
18. 与最流行的性传播疾病有关的病毒是_____。
19. 许多人乳头瘤病毒被认为可引起_____病。
20. 巨细胞病毒能从母亲传播给胎儿，巨细胞病毒引起的病包含在一组按首字母缩写称为_____的组中。
21. 泌尿生殖道有酵母样气味，表明是_____感染。
22. 单纯疱疹病毒的再感染是由于病毒存在于_____组织的神经节。
23. 单纯疱疹病毒感染中的一种是手指上的疱疹损伤，此病称为_____。
24. 白假丝酵母感染生殖道，常伴有_____的丢失。
25. 阿昔洛韦是用于治疗生殖器疱疹的_____药物的商品名称。

是非题　判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则在句前写“F”。

1. 皮肤破损可使问号钩端螺旋体进入体内。
2. 肾小球性肾炎是由于免疫系统活性和Ⅲ型过敏反应而出现的免疫复合物型的反映。
3. 阴道毛滴虫是惟一能引起毛滴虫病的原生动物。
4. 避免在阴道中长时间放置某些器物，可降低中毒性休克征发生的可能性。
5. 淋病的长期影响之一是不育症。
6. 梅毒一期的症状是带有小脓疱损伤的疱疹、皮疹、肝炎及流感综合征。
7. 梅毒三期的诊断是基于从特征性损伤处分离出病原体。
8. 多数软性下疳可用抗生素治疗。
9. 新生儿的眼睛通常要采取预防措施，以避免淋球菌性结膜炎和支原体性结膜炎。
10. 大多数生殖器疱疹是由Ⅰ型单纯疱疹病毒引起的。

（宋怡玲 译）

食品与工业微生物学

内　容

微生物对食品工业非常重要，它们不仅是某些食品的制造者，而且是另一些食品的污染物。微生物学不仅在家庭作坊中开发应用，在工业生产水平上也有广泛应用，在发酵工业中，食品和其他制品是利用微生物大规模生产的。本章概述微生物所产生的效益。本章内容是：

1. 理解奶制品和其他食品容易被微生物污染的原因。
2. 概述多种经微生物发酵生产的奶制品，如酸奶和干酪。
3. 解释各种食品比如肉、鱼和罐装食品是如何变质的，探讨这类腐败的影响。
4. 详述多种在家庭和工业环境下储存食品所使用的方法。
5. 提及几类可能由食品携带的微生物导致的疾病，概括讲述试验室技术人员检测食品中污染的微生物的方法。
6. 概述常规的平板计数、还原反应、磷酸酶以及其他用于保证奶和奶制品安全性的技术。
7. 讨论某些大规模培养微生物的工业应用。
8. 总结产生酒精饮料的发酵工艺，说明如何利用微生物来制备营养添加剂。
9. 认识微生物作为杀虫剂以及在基因工程中的重要性。

原理与问题

微生物和食品

24.1　食品的自然污染和人工污染有什么区别?

食品中存在微生物时，就认为食品被污染了。如果微生物附着到生长在田里的食物上（如葡萄皮上的酵母菌），污染就是**自储污染**（natual contamination），但如果这是对食品进行处理或加工的结果，就是人工**污染**（artificial contamination）（如葡萄汁中的产酸细菌使它变酸）。

24.2　食品的污染总是有害的吗?

一般用消极的眼光看待污染，因为病原体可能导致疾病。但在有些例子中污染是有益的。例如，黄瓜的有控制污染可生产泡菜，卷心菜的有控制污染给我们提供酸菜。这些污染是人们希望的。为了控制不受欢迎的污染，可以给被加工食品加入某些化合物来阻碍微生物生长。

24.3　为什么奶和奶制品容易被微生物污染?

牛奶是一种优良的微生物生长基质，它能支持许多微生物的繁殖。因此奶制品的生产、加工和销售需要特别注意污染的可能性。多数牛奶和奶制品要**巴斯德消毒**（pasteurized）62℃处理30分钟（持续法）或者72℃处理15到17秒（瞬间法）。这些方法能杀死牛奶或奶制品中的所有病原菌，尤其是引起结核病和Q热的微生物，因为它们属于已知的最耐热的细菌。

24.4　牛奶天然发酵生产的奶制品是什么?

牛奶的天然发酵产生两类发酵奶制品:发酵牛奶和干酪。**发酵牛奶**(fermented milk)包括白脱牛奶(buttermilk,即酪乳),里面的乳链球菌(*Streptococcus lactis*)菌株由糖生产出酸。另一种发酵牛奶制品是酸奶油(sour cream),里面的链球菌产生酸使得奶油变酸。第三种发酵牛奶制品是酸奶.乳杆菌属和链球菌属的某些种使牛奶成分发酵并产生富含细菌的类似奶油冻的酸味奶制品。

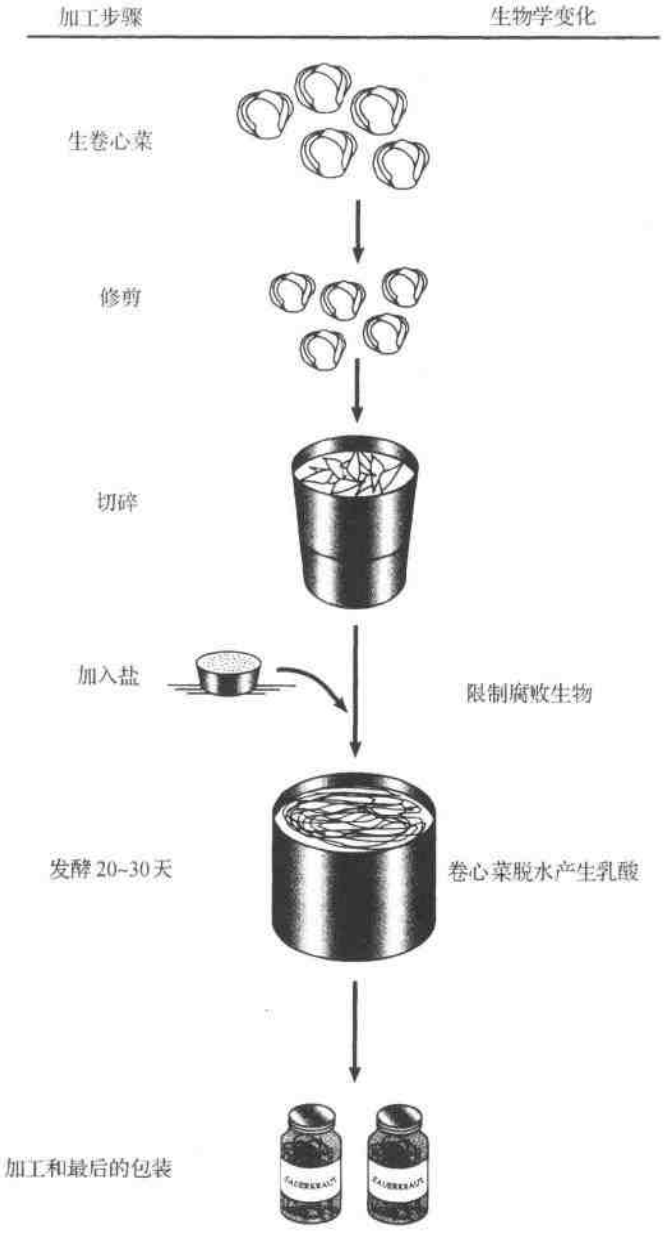


图 24-1　由生卷心菜制备酸菜的步骤。

24.5　通过牛奶发酵可以产生哪种干酪?

干酪(cheese)是从牛奶中的蛋白质——酪蛋白生产来的。通过细菌的作用或者加到牛奶中的粗制凝乳酶使酪蛋白沉淀。沉淀下来的蛋白质是生干酪,比如松软干酪或 pot cheese(pot 干酪)。牛奶凝乳中的微生物的进一步生长产生熟干酪(ripened cheese)。其中的一些例子是硬干酪,比如切达干酪、美国干酪和瑞士干酪(瑞士干酪上的洞就是微生物生长而产生

的气孔)。软质熟干酪包括沙门伯乳酪(Camembert cheese)和蓝乳酪(hlue cheese)。蓝乳酪是由牛奶凝乳中的某些种青霉菌生长产生的。

24.6 哪些微生物参与食品生产中的腌制过程?

在腌制过程中,微生物在含盐分的环境中生长并使食物发酵,同时由供给的糖产生出大量的酸。明串珠菌属(*Leuconostoc*)和乳杆菌属中的某些种常用于腌制工序。如图24-1所示,为了制备**酸菜**,将卷心菜分层码放并加上盐,使它自然发酵(因为叶子中已有细菌)。要制**腌黄瓜**(pickled cucumber),给新鲜的黄瓜加上盐。天然细菌在几周内使蔬菜中的糖类发酵。加入不同的调味品来制备不同种类的酸菜和腌黄瓜。

食品污染和保存

24.7 腐败食品的污染源是什么?

食品中的微生物污染有很多来源。一般的来源是空气、土壤、水、污水和动物粪便。在地里生长的食物上(如甜菜)黏附的天然菌群是潜在的腐败源。食品若发生腐败,就不适合食用。真菌和细菌是主要的与腐败有关的微生物类型。

24.8 肉和鱼产品的污染源是什么?

肉和鱼在加工过程中经常被细菌污染。来自动物粪便、皮、足和内脏器官的微生物是潜在的污染物。污染通常只影响肉的表面,但鱼组织可能在皮和深层组织(例如肌肉组织)上受到影响,因为这些组织比较松散。在把肉磨碎制作汉堡包或者香肠时很容易污染,因为切碎的肉中有许多气囊被本来存在于表面上的细菌污染。

24.9 对罐装食品哪类腐败特别重要?

罐装食品(canned food)因为要保存很长时间,如果食品成分没有灭菌,食物变质(food spoilage,即食物腐败)的可能性就很高。气体腐败(gas spoilage)主要由梭菌属的某些种产生。平罐酸败(flat-sour spoilage)归因于芽孢杆菌属的成员,这类腐败是在微生物代谢食物成分,产酸但不产气时发生的。酸败可能由产酸的微生物比如乳杆菌产生的,或者是由于食品与做罐子的金属发生酸性反应。

24.10 考虑防止食品腐败时应遵循什么原则?

决定食品防腐技术类型的三个重要原则是:要保存的食品的特点、食用前要保存的时间以及处理和加工食品需要的方法。这三个原则决定了使用什么保存方法。

24.11 如何在食品保存技术中利用温度调控?

由于微生物对温度敏感,可以利用**冰箱**和**冷藏库**通过降低微生物的代谢和酶活来保存食物。冰箱温度在4~8℃时,可以保存新鲜蔬菜,剩饭和奶制品可免于严重变质。但是,对冷藏的时间有限制,这些限制随食品类型、制备方法、暴露在空气中的时间等情况而不同。冷冻温度可以用于长期保存食品如肉,但脱水(freezer-burn)是一个潜在的问题。应当注意的是冷藏和冷冻本身不能杀死微生物,但能降低它们的代谢。冷藏和冷冻过程中芽孢通常还存活。

24.12 食品保存中使用哪种高温方法?

为了保存食品,可以在煮沸、高压蒸汽或巴斯德消毒的过程中应用高温。**煮沸**(hoiling)时,将食物浸在水中保持100℃ 30~60分钟以便破坏细菌的营养细胞,但不能破坏细菌芽孢。煮沸还能使剩饭中可能沉积的毒素失活。它能灭活食物中的很多酶,这就是为什么经常在冷冻前将植物食品在沸水中快速漂洗的原因。虽然酶被灭活,但食物保持了风味和质地。煮沸

对酸性高的食物(如西红柿)中的微生物比酸性低的食物更有效。

24.13　食品保存中使用的 TDP 和 TDT 是什么意思?

TDP 和 TDT 是指与食品相关的微生物的**热致死点**(thermal death point)和**热致死时间**(thermal death time)。每种微生物都有 TDP,它是指在给定时间内破坏该类微生物需要的温度。它也有 TDT,是指在给定温度下破坏这种微生物所需的时间。TDP 和 TDT 值随具体的食品、其加工方法以及容器体积、食品酸性和其他一些因素而显著不同。对于应用高压蒸汽的罐装工序,这些值已经明确。图 24-2 展示了重要的与食品相关的温度因素。

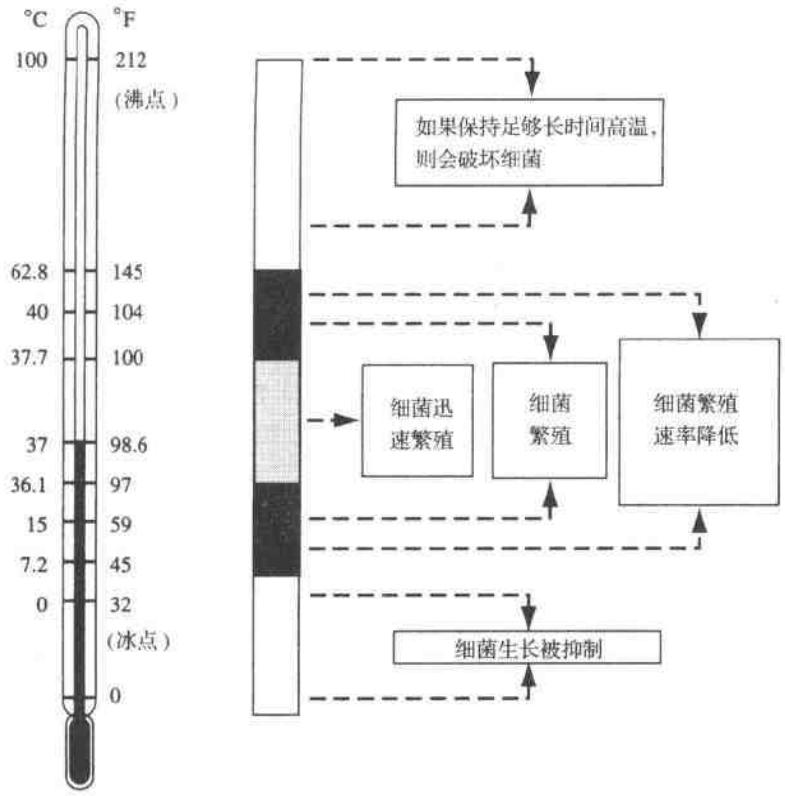


图 24-2　与腐败和保存有关的某些重要温度因素。

24.14　巴斯德消毒法可以用于奶制品之外的食品吗?

虽然**巴斯德消毒法**最广泛的是用在奶制品工业中,但它可以应用于任何不能煮沸或在高压下灭菌的食品。例如,通常在发酵前将果汁巴斯德消毒以便去除野生酵母菌,发酵后将酒巴斯德消毒来破坏发酵酵母。巴斯德消毒法还用于保存蜂蜜。

24.15　通过干燥保存食品的原理是什么?

在**干燥**和**脱水**(dehydration)处理中,食品去除大部分水分。水分的去除使所有存在的微生物失活,因为它们的化学活动和生长需要水分。但是,芽孢能经历干燥过程而存活,保持休眠状态直至恢复水分。干燥用于葡萄干、水果、干肉和晒干的食品。

24.16　食品保存过程中使用哪些化学物质?

几个世纪以来,许**多化学物质**被用于食品保存。例如,盐被广泛地用作防腐剂,因为它能通过渗透作用排出食品中的水。糖渍和熏肉是另外的历史悠久的作法。烟熏使化学防腐剂沉积在食品中并使其脱水。美国食品和药品监督署批准的化学物质中包括用于面包和烘烤产品

的丙酸钠（sodium propionate），用于软饮料的苯甲酸，用于某些水果和蔬菜的二氧化硫（sulfur dioxide），以及用于果酱、果冻和许多其他食品的山梨酸（sorbic acid）。

24.17 能不能用物理方法保存食品？

有几种物理方法可以用来保存食品。例如，**过滤**（filtered）除去饮料（比如白酒、苹果酒和啤酒）中的微生物。**超声震荡**（ultrasonic vibrations）（高频声波）也可以用于液态食品，因为震荡产生的冲击波将微生物撞裂从而除去它们。**紫外线**（ultraviolet light）被用在某些烹制的食品和干酪中，**γ辐射**（gamma irradiation）现在也用于一些种类的水果和蔬菜的储存。

24.18 食品携带的微生物能引起哪些类型的人类疾病？

食品携带的微生物可能参与食物中毒或食物感染。食物中毒是由葡萄球菌属和梭菌属的某些种引起的。这些微生物产生的毒素干扰机体过程并导致疾病。食物感染是由于污染微生物在体内生长和繁殖并引起诸如沙门氏菌病、霍乱、痢疾、伤寒、肠胃炎、变形虫病和许多其他疾病（第21章）。

实验室的检验

24.19 如何检查食品中是否存在微生物？

通过**常规平板计数**（standard plate count）可以确定食物样品中的细菌含量。这个方法确定1克食物中的细菌总数。方法是无菌地向99ml无菌蒸馏水或缓冲液中加入1克食物。技术人员然后将1ml和0.1ml样品移至无菌培养皿中，代表1∶100和1∶1000稀释度的食物样品。制备其他稀释度，加入生长基质如平板计数琼脂。将平板于37℃培养24～48小时，计数平板上出现的菌落数。挑选出菌落数在30～300之间，乘上稀释度的倒数（稀释因子）得到每克的细菌数。例如，如果1∶100平板上出现97个菌落，那么每克食物中的细菌总数应是9700。30～300规则对每克的细菌总数在30以下不适用。

24.20 有没有确定特定种类细菌数量的特殊技术？

为了确定是否存在特定种类的细菌或其他微生物，要变换琼脂培养基。例如，**大肠菌**（coliform bacteria）是反映存在肠道病原菌的肠道细菌。要确定是否存在大肠菌（比如大肠埃希氏菌），用诸如紫红胆盐琼脂（violet red bile agar）来进行培养。大肠菌在这种培养基上呈现为粉色到红色菌落。若对真菌计数，使用沙氏葡糖琼脂。葡萄球菌可以利用甘露醇盐琼脂来鉴定。

24.21 常规平板计数技术有没有缺点？

常规平板技术有某些缺陷，重要的一条是它至少需要操作一天。此外，除非对温度进行调节，它无法检测病毒或嗜热菌。也可能细菌不在琼脂上形成菌落，在计数过程中丢失。

24.22 常规平板计数法能不能用于牛奶和奶产品？

简单地以1ml代替1克食物就可以容易地将常规平板计数技术应用于牛奶和奶产品。检测的其余步骤与其他食品相同。

24.23 有没有其他用于牛奶和奶产品的专门试验？

磷酸酶（phosphatase test）试验可用于快速确定牛奶的细菌含量。磷酸酶是一种通常发现于牛奶中的酶。其耐热性类似于最耐热的细菌[分枝杆菌属和考克斯氏体属（*Coxiella*）的某些种]的耐热性。因此快速磷酸酶试验是将牛奶样品与含有磷酸基团的底物温育。如果牛奶中有磷酸酶，它会释放磷酸基团并带来颜色变化。但是，如果巴斯德消毒过程中磷酸酶被破

坏，不会释放磷酸基团，没有颜色变化。试验在自动仪器中进行，很快能得到结果。

24.24　牛奶的还原试验是什么？

另一种用于确定牛奶中的细菌数量的试验是**还原试验**(reduction test)，如图 24－3 显示。向牛奶样品加入甲基蓝溶液，温育混合体系。如果存在细菌，它们会在牛奶中生长并释放电子。电子使甲基蓝从正常的蓝色变清，牛奶变白。如果没有细菌，牛奶会保持蓝色几个小时。根据蓝色多长时间消失可以确定牛奶的质量。

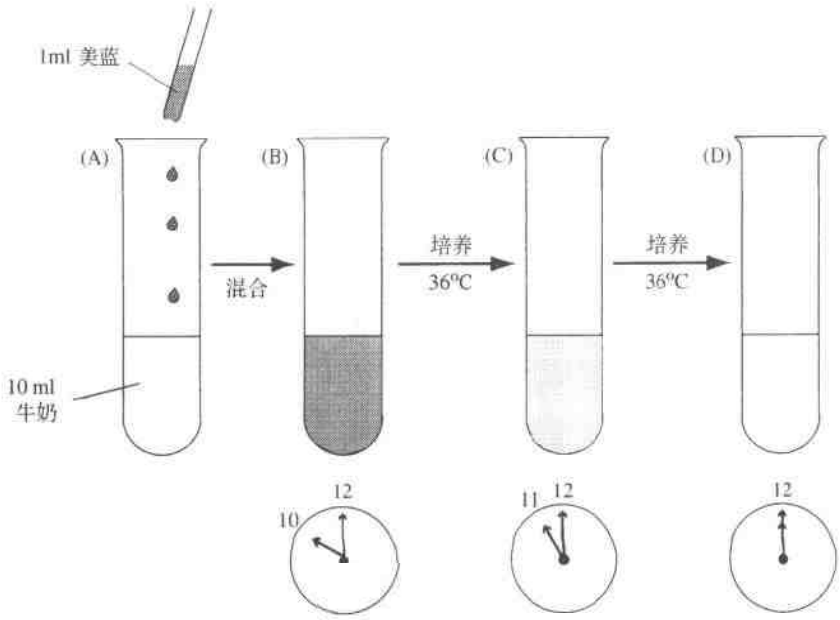


图 24－3　用于确定牛奶中的细菌数量的还原试验。质量差的牛奶导致颜色迅速消失，而优质奶的蓝色可以维持数小时。

24.25　有没有用于直接计数食物和牛奶样品中微生物的试验？

为了直接得到微生物的数量，可以利用带有格子的特殊玻片。用特殊的 Breed 移液管将牛奶样品涂在玻片上，使用特殊的染料。数玻片上选定区域内的细菌数，乘上稀释因子就表示牛奶原来样品中微生物的数目。

微生物与工业

24.26　有没有涉及微生物和食物的工业流程？

在许多情况中，微生物本身被用作食品，要设计工业流程来大量生产这些微生物。例如，**蘑菇**是一类重要的产品，种蘑菇就是一项主要工业。酵母细胞有时与牲畜饲料混合在一起，**酵母**还以活性干酵母在烘烤加工中使用。为了减少干酵母，可将酵母细胞悬浮在淀粉糊中，在真空器中缓慢干燥。微生物还以**单细胞蛋白**(single-cell protein，SCP)的形式利用。单细胞蛋白包括藻类和食用霉菌，它们能提供丰富的低廉碳水化合物和大量维生素和蛋白质。细菌也可以用在 SCP 中。

24.27　在大规模的微生物工业生产情况下，如何培养微生物？

为了生产工业量的微生物，采用两类发酵技术：分批技术和连续流加技术。在**分批技术**(batch technique)中，将发酵罐或工业罐装满含有各种物质(包括工业废料如玉米浆)的营养基质。发酵罐可以装到 100 000 加仑[①]的基质。向基质中加入单株微生物，使它在长时间内比

① 1 加仑＝3.78543 升。

较平静的条件下进行发酵。对于**连续流加技术**（continuous-flow technique），在规则的时间间隔内加入基质，通过去掉发酵物质来回收终产物。微生物在连续流动的条件下流经发酵罐时，对底物进行作用。用于该过程的发酵容器称为**恒化器**（chemostant）。

24.28　酒精饮料生产中应用哪种工业流程？

在酒精饮料工业中主要利用酵母发酵糖来生产乙醇。生产酒开始是用提取果汁，一般是葡萄汁。利用巴斯德消毒杀死野生酵母，然后向发酵罐中接入已知酵母菌株[酿酒酵母椭圆变种（*Saccharomyces cerevisiae*）菌株 *ellipsoideus*]。继续发酵直至多数糖被耗尽，这种情况产生的是无甜味葡萄酒。如果在所有的糖被发酵之前停止发酵，得到甜葡萄酒。在**加白兰地葡萄酒**（fortified wine）中，加入了一定量的白兰地（brandy）。对于**汽酒**（sparkling wine），发酵继续在瓶中进行，形成了多余的二氧化碳气体。图 24－4 总结了酒的发酵。最浓的天然酒酒精含量大约 16%（加白兰地葡萄酒酒精含量大约 22%）。

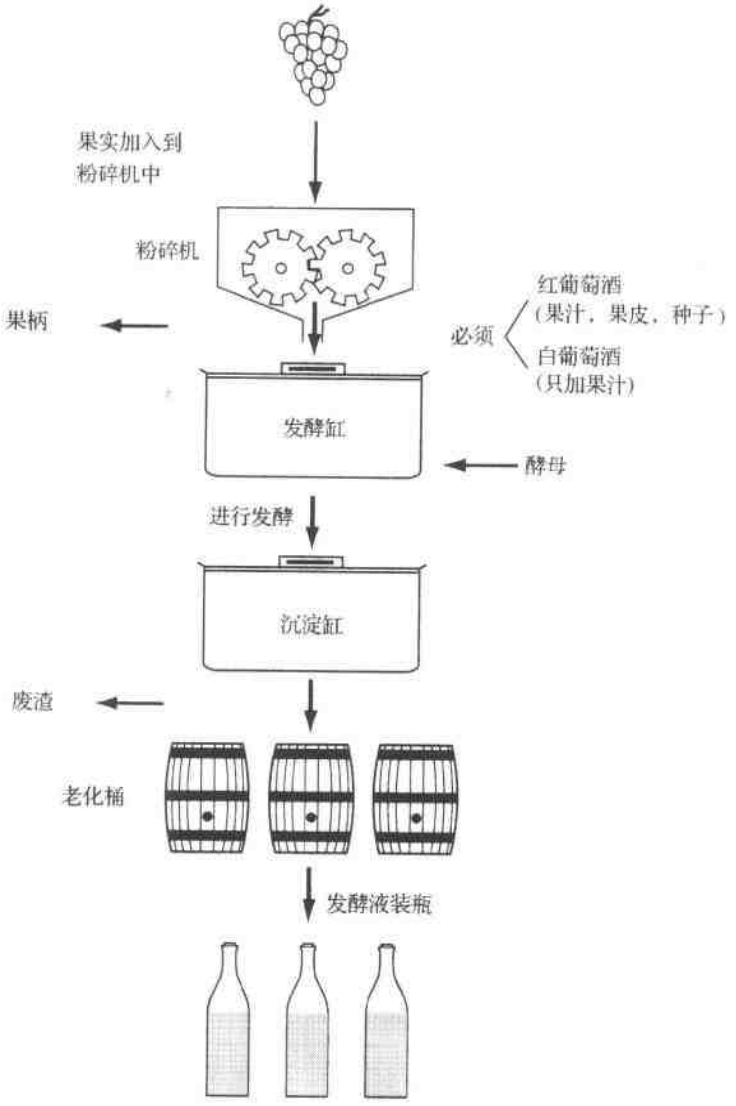


图 24－4　由葡萄汁发酵产生酒中涉及的某些主要步骤。

24.29　生产啤酒使用哪种发酵方法？

在**啤酒**（beer）发酵中，糖得自淀粉类食物材料如大麦粒。在麦芽制备过程中淀粉被自然水解，多糖被降解为二糖麦芽糖。淀粉酶将淀粉水解为麦芽糖。然后使麦芽糖化的大麦保持

一定时间以便进一步消化产生麦芽汁，后者进行巴斯德消毒。加入啤酒花，再加入酿酒酵母。发酵进行大约 15 天，然后将啤酒老化大约 6 个月。啤酒最终的酒精含量大约 4%。

24.30　与葡萄酒相比，蒸馏酒是如何制造的？

葡萄酒是酿酒酵母对果糖进行乙醇发酵的产物。要制备**蒸馏酒**(distilled liquor)，须把乙醇加热，以气体形式排除出来，然后将气体冷凝得到液体。白兰地是由多种果汁(例如苹果、桃、黑莓、樱桃)制备的，而威士忌是由玉米、黑麦或者大麦生产的。朗姆酒是由糖蜜制备的，中性烈酒比如杜松子和伏特加得自马铃薯发酵。酒的度数(proof number)是酒精含量的两倍。

24.31　从什么意义上说米酒可看作啤酒和葡萄酒？

米酒(sake)经常被当作葡萄酒，但它更应当是一种啤酒，因为它是由粮食(大米)而不是水果产生的。霉菌米曲霉 (*Aspergillus oryzae*)用于生产米酒。

24.32　如何利用微生物以工业规模生产抗生素？

抗生素本来是由微生物代谢产生的。几十年来，已将该过程调整到工业规模，在巨大的工业罐中培养青霉菌和其他霉菌。利用辐射来产生抗生素产量提高的突变种。从通风发酵罐里的液体中分离抗生素，然后纯化用于医药。这些工业过程现在还在使用，但许多抗生素已经可以通过纯化学的手段生产。

24.33　能用微生物来生产维生素和氨基酸吗？

许多**维生素**现在是通过工业发酵生产的。例如维生素 B_{12}用于防止体内某些类型的贫血，核黄素用于促进体内代谢过程。两者都是由在车间里培养的细菌生产的。酵母富含 B 族维生素，被用作食品添加剂。由微生物在工业过程中生产的**氨基酸**包括谷氨酸和赖氨酸。它们均作为膳食生长增补剂。

24.34　哪些酶可以利用微生物的活动来工业化生产？

许多**酶**是由微生物生产作实际应用的。这些酶包括淀粉酶、蛋白酶、链激酶、透明质酸酶和果胶酶。淀粉酶(amylase)在衣物预浸中作为去污剂，也用在黏合剂中。蛋白酶(protease)用在皮革加工业中鞣革，还用于胶水、嫩化肉和疏通下水道。链激酶 (streptokinase)用来分解心肌梗死患者的血栓，透明质酸酶用于促进皮下的液体流动。另外一种工业用酶——果胶酶(pectinase)是梭菌产生的，用于浸麻使其变为亚麻布。微生物还产生过氧化氢酶(裂解过氧化氢)、纤维素酶(将纤维素消化为葡萄糖单元)和脂酶(lipase，将脂肪分解为脂肪酸和甘油)。

24.35　哪些有机酸是在工业情形下由微生物生产的？

由微生物工业化生产的**有机酸**中最重要的是柠檬酸，它被用在软饮料、糖果和墨水中。乳杆菌产生的乳酸被用作食品防腐剂，将生皮制备成皮革，以及用它生产一种钙源——乳酸钙。葡萄糖酸被用在蛋鸡的饲料中，衣康酸用于涂料和黏合剂。

24.36　微生物能不能作为杀虫剂？

微生物学的一个主要核心是开发作为**杀虫剂**(insecticide)的微生物。产芽孢的苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*)产生有毒的晶体，被毛虫消化后发生肠道感染并死亡。因此可以用这种杆菌来抑制吉卜赛蛾、天蛾幼虫及其他害虫。日本甲虫芽孢杆菌(*Bacillus popillae*)用于抗日本甲虫，它能导致乳白芽孢病 (milky spore disease)。也可以用病毒作为天然杀虫剂。

24.37　可能来源于基因工程的工业产品有哪些?

基因工程领域对于微生物的工业用途有巨大的潜力。通过改变载体微生物的质粒,可以将微生物的化学性质改变从而产生诸如干扰素、人生长激素、胰岛素和尿激酶等医药产品。还可以用病毒基因将酵母工程化以生产疫苗,如乙肝疫苗。通过将 Bt 基因插入与农作物一起生活的无害生物中可以将毒素基因作为杀虫剂。也许有一天,可以利用基因工程来提高许多细菌和作物的固氮能力,将生产纤维素酶的能力导入各种微生物。细菌被工程化具有了产生用于血友病的Ⅷ因子的能力,用病毒作载体携带有用的基因进入带有异常基因的个体。例如,有可能通过导入编码患者所缺乏的蛋白质的基因来纠正囊性纤维化患者的缺陷。发现和理解基因工程具有深远和非凡的意义。它们代表了微生物学将来的工业用途。

复　习　题

是非题　判断下列句子,正确则在句前写"T",错误则替换划线的词进行更正。

__1. 巴斯德消毒法能杀死牛奶或奶制品中存在的所有微生物。
__2. 由微生物的活动产生的发酵奶制品包括酪乳、酸奶油和松软干酪。
__3. 软的熟干酪,比如蓝干酪(blue 干酪)是由青霉菌在牛奶凝乳中生长产生的。
__4. 生产腌黄瓜时,天然细菌将黄瓜中的蛋白质发酵几周。
__5. 细菌和原生动物是最重要的与食品腐败有关的微生物类型。
__6. 在腌制程序中使用的重要细菌是明串珠菌属和棒杆菌属。
__7. 食品的平罐酸败通常是由不产气的微生物造成的。
__8. 在冷藏和冷冻过程中,细菌芽孢可能维持活性,稍后传播到被污染的食品中。
__9. 将食品在沸水中浸 30～60 分钟,芽孢通常被破坏。
__10. 热致死点是在给定温度下破坏微生物所需的时间。
__11. 在制备要出售的果汁时,通常的做法是将产品巴斯德消毒以便除去所有可能存在的细菌。
__12. 储存许多水果的一般方法是干燥,这个过程能去掉水果中的多数离子。
__13. 作为许多软饮料中的防腐剂的化学物质是山梨酸。
__14. 超声震荡是用高频光波通过撞裂微生物来消除它们。
__15. 能导致食物中毒的一种重要细菌是链球菌。
__16. 为了评价牛奶和奶制品的巴斯德消毒效率,微生物学家检测是否存在葡糖苷酸酶。
__17. 作为食品的微生物包括两类真菌:酵母和蘑菇。
__18. 用于连续流加发酵的发酵罐是生物稳定器(biostat)。
__19. 字母 SCP 代表单细胞多糖,即一种作为食品的微生物。
__20. 细菌的许多用途中包括在发酵工业上的应用,它们产生多种酒精饮料。
__21. 用于啤酒发酵的糖得自淀粉类材料,比如葡萄。
__22. 药用抗生素的最初来源是许多微生物。
__23. 由微生物工业化生产的许多酶包括淀粉酶、过氧化物酶、纤维素酶和脂酶。
__24. 苏云金芽孢杆菌的一个有益用途是作为除草剂。
__25. 基因工程一般是通过用新基因来改变载体生物的细胞膜来操作的。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 微生物是生产以下食品时的一个重要因素,除了(　　)之外。　(a)酸菜　(b)牛奶　(c)腌黄瓜　(d)瑞士干酪
2. 以下食品中哪种可能属败最快:(　　)。　(a)一盒意大利面食　(b)一袋面粉　(c)一罐

盐　(d)一磅汉堡肉

3. 梭菌主要引起含有(　　)的罐装食品的污染。　(a)气体　(b)酸　(c)碱性物质　(d)烯烃

4. 干酪和干酪制品是从牛奶中(　　)成分生产出来的。　(a)乳糖,一种糖　(b)乳糖,一种蛋白质　(c)乳脂　(d) 酪蛋白,一种蛋白质

5. 以下都是已确认的食物的微生物污染源,除了(　　)之外。　(a)动物粪便　(b)紫外光　(c)土壤　(d)污水

6. 利用冷藏进行保存的一个缺点是(　　)。　(a)冷藏不能杀死微生物　(b)冷藏不能降低微生物的代谢　(c)冷藏能杀死可能存在的芽孢　(d)冷藏降低微生物酶的活性

7. 煮沸是保存食物的有效方法,特别是当食物富含(　　)。　(a)真菌　(b)酸　(c)钙离子　(d)维生素和矿物质

8. 干燥作保存方法对(　　)效果微弱。　(a)病毒　(b)真菌菌丝　(c)原生动物细胞　(d)细菌芽孢

9. 以下化合物都被批准用于食物的防腐,除了(　　)之外。　(a)二氧化硫　(b)山梨酸　(c)硝酸　(d)苯甲酸

10. 过滤可以作为保存(　　)食物的物理方法。　(a)肉　(b)奶制品　(c)果酒和啤酒　(d)罐装蔬菜

11. 葡萄球菌和梭菌被广泛认为是(　　)的原因。　(a)食物感染　(b)食物中毒　(c)食物血毒症　(d)食物败血病

12. 对食品样品进行常规平板计数需要以下各项,除了(　　)之外。　(a)细菌生长培养基　(b)一些平皿　(c)测量 1ml 稀释过的食品取样的仪器　(d)光学显微镜。

13. 为了确定食品是否已经污染了粪便物,可以方便地检测(　　)的存在。　(a)原生动物孢囊　(b)腺病毒　(c)大肠菌　(d)芽孢杆菌芽孢

14. 当牛奶已被成功地巴斯德消毒后,牛奶不再含有(　　)。　(a)聚合酶　(b)磷酸酶　(c)过氧化物酶　(d)嘌呤酶

15. 经常作为食物的两类真菌是(　　)。　(a)曲霉和枝孢　(b)假丝酵母和隐球酵母　(c)酵母和蘑菇　(d)麦角菌和黄曲霉毒素

16. 连续流加和分批培养技术均用于(　　)。　(a)巴斯德消毒大量牛奶　(b)生产工业量的微生物　(c)进行常规平板计数技术　(d)进行膜过滤技术

17. 酵母发酵葡萄并产生无甜味葡萄酒时(　　)。　(a)产生大量芳香化合物　(b)在酒中产生大量蛋白质　(c)用尽酒中的矿物质　(d)用尽酒中的糖

18. 酿酒酵母最有名的是它在(　　)中的重要性。　(a)抗生素生产　(b)酒精发酵　(c)酸菜生产

19. 以下酶都是由微生物产生以作实际应用的,除了(　　)之外。　(a)蛋白酶　(b)链激酶　(c)果胶酶　(d)水解酶

20. 苏云金芽孢杆菌作为(　　)广泛用于现代生物学中。　(a)发酵酶的来源　(b)干酪和干酪产品的生产者　(c)杀虫剂　(d)水系统的净化者

填空题　在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 牛奶和奶制品在_____法中巴斯德消毒 30 分钟,或者在瞬时法中消毒 15～17 秒。

2. 在生产酪乳和酸奶油中,乳链球菌由牛奶中的糖产生_____。

3. 软质熟干酪如_____是由青霉菌在牛奶凝乳中生长产生的。

4. 在生产_____时,将卷心菜分层码放、加盐并使它进行微生物发酵。

5. 污染通常只影响肉的表面,但_____组织也可能受到影响,因为它们比较松散。

6. 肉可以保存很长时间,但由_____造成的脱水(freezer burn)是一个潜在的问题。

7. 在100℃煮沸30～60分钟能破坏细菌的_____细胞，但对芽孢没有影响。

8. TDP是热致死点，它是在给定时间内破坏微生物需要的_____。

9. 利用_____过程时，食品被脱水，化学防腐剂沉积在食品中。

10. 有几类水果和蔬菜现在利用_____照射来保藏。

11. 细菌性疾病，比如沙门氏菌病、霍乱、_____和伤寒可能是由于食品污染了微生物。

12. 生产_____酒时，使发酵在瓶中继续进行，并且通过发酵产生气体。

13. 虽然米酒常被当作是葡萄酒，更准确说它是_____因为它产生自一种谷物。

14. 谷氨酸和赖氨酸是由微生物产生供给人类消费的_____。

15. 日本甲虫芽孢杆菌被用作抵抗日本甲虫的细菌杀虫剂，它导致甲虫_____。

（洪　龙译）

第25章 环境微生物学

内　容

微生物在环境中占据非常重要的地位，它们的代谢活动具有重大的意义。本章内容是：

1. 定义生态系统并说明微生物如何适应水和土壤生态系统。
2. 详细描述微生物在地球上氧和碳循环中的关键作用。
3. 描绘微生物对氮循环作出的重要贡献，并说明如果没有微生物参与氮循环，地球上的生命不可能存在。
4. 讨论废水中的污水降解，重点放在涉及微生物的步骤。
5. 总结消费用水的净化程序。
6. 解释用于确定水是否适合饮用的实验室检测。

原理和问题

25.1　研究生活在自然环境中的微生物为什么是重要的?

自然环境的保护很大程度上依赖于微生物在维持可用营养物与代谢废物之间化学平衡中所起的作用。此外，微生物是土壤中进行的物质循环的关键要素，它们经常负责降解进入环境的污染物。

微生物生态学

25.2　什么是生态系统? 微生物如何适应生态环境?

生态系统(ecosystem)是在一个界定的物理空间内发现的生物群落。生态系统可以小到一个沼泽地或池塘，也可能大到五大湖之一。生态系统内的全部生物是一个**生物群**(biota)。生物群内的微生物与该生态系统内的物理和化学成分之间的动态作用构成了**环境微生物学**(environmental microbiology)的主要研究内容。

25.3　微生物生态学与生态系统的关系如何?

微生**物生态学**(microbial ecology)研究发生在不同微生物**种**群和它们的环境之间的关系。一个生态系统包含许多微生物群落，每个都受到局部物理和化学条件比如温度、pH 以及营养和氧气供应量的影响。

25.4　描述微生物在水域生态系统如淡水湖中的作用。

在水**域生态系统**(aquatic ecosystem)如淡水湖中，微生物是生**产者**(producer)。在晴天时，表层水光线充足，蓝细菌和产氧的绿藻进行光合作用产生碳水化合物。这些光合微生物从其他细菌和浮游动物进行的代谢活动中得到矿物质和二氧化碳。细菌和浮游动物将有机物分解为简单的组成单元，像这样的生物是**分解者**(decomposer)。光合微生物然后再产生新的生物量。**消费者**(consumer)如动物和人利用光合作用中产生的生物量作为食物。它们死亡时，

分解者再发挥作用。图 25－1 描述了这些转化过程。

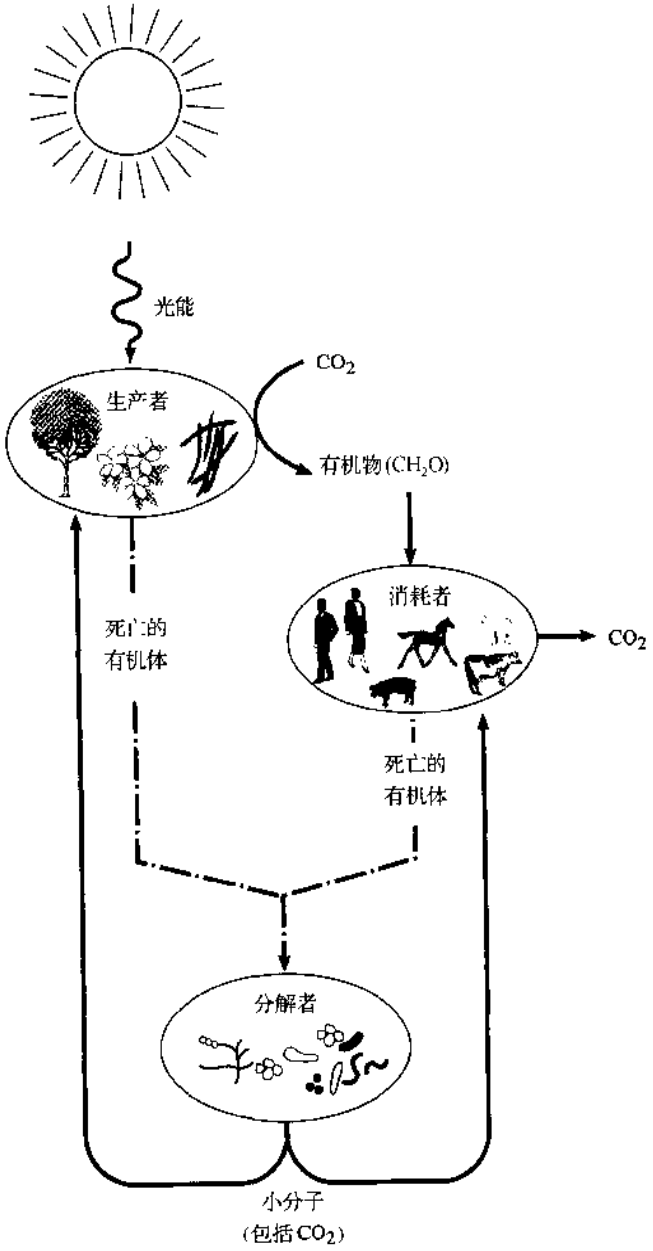


图 25－1　生态系统中由生产者、消费者和分解者进行的有机物循环。

25.5　厌氧细菌在水域生态系统中重要吗?

许多类型的光合细菌不需氧气而存在于厌氧环境中。在水域生态系统的底层区域，部分光能射入，厌氧光合微生物进行碳水化合物的合成。这些微生物利用多种有机化合物或者还原性硫化物如 H_2S 作为光合作用的底物。

25.6　在较浅的水域生态系统中有哪些类型的细菌?

在较浅的水域生态系统中，细菌以及褐藻和绿藻覆盖河床中的石头，在微粒物体表面定居。这一区域中的水生细菌的例子有柄杆菌属和嘉利翁氏菌属(*Gallionella*)的种类，它们都有一个柄能黏附在溪流中的物体上。嘉利翁氏菌经常堵塞下水道、水管和井，因为它能沉积铁化合物如氧化铁。

25.7　土壤中有机物的最大贡献者是谁?

在**土壤生态系统**（soil ecosystem）中，微生物是最大的有机物贡献者。有机物来自对动物和植物遗体进行的代谢。不能循环的物质与矿物颗粒结合在一起形成黑色的土壤物质，叫做**腐殖质**（humus）。腐殖质主要由耐腐败有机物构成。它能提高土壤保持空气和水分的能力。

25.8　土壤中存在哪些类型的微生物?

多数土壤含有丰富而各不相同的原生动物群落，主要是鞭毛虫、变形虫和纤毛虫。光合微生物包括蓝细菌、绿藻和硅藻。多数细菌在表层 25cm 的土壤中，代表性的属包括节杆菌属（*Arthrobacter*）、芽孢杆菌属、放线菌属、假单胞菌属和农杆菌属（*Agrobacterium*）。土壤中的真菌通常以其孢子形式存在，但在酸性土中菌丝形态生长活跃。

25.9　什么是可再生资源，微生物在其循环过程中的重要性是什么?

可再生资源（renewable resource）是能通过自然过程的作用而反复使用的资源。树、动物食品、植物食品以及棉花等物质就是再生性资源。微生物在使资源发生再生的代谢活动网中非常关键。因此微生物维持着地球上的生态平衡。

生物地化循环

25.10　在氧循环中微生物进行什么化学活动?

在**氧循环**（oxygen cycle）中，氧是细胞呼吸（糖酵解、三羧酸循环、电子转运、化学渗透）中的化学反应的关键元素。大气是提供这些过程所需氧气的主要储存站。由于光合绿色植物和光合微生物如蓝细菌的代谢氧气回到大气中。在光合作用过程中，这些生物由水产生氧气并将氧气释放回大气中，如图 25－2 所示。然后氧气供给异养生物（包括植物、动物和微生物）进行细胞呼吸中的反应。

25.11　微生物如何影响地球上的碳循环?

多数土壤中的有机物来源于植物材料，叶子、腐树、烂根和其他组织。在**碳循环中**，土壤细菌和真菌通过在它们的代谢中利用有机物来循环碳。没有这些生物的循环作用，随着生命必需的营养被固定在复杂分子中，生命将经受不可逆的衰落。

25.12　死亡的植物物质落在土壤中会发生什么变化?

死亡的植物物质将被胞外微生物酶消化成可溶产物供给微生物。然后真菌和细菌将这些溶解性有机产物代谢成简单产物如二氧化碳、小的酸分子和其他供给植物生长的物质。这些成分被供给植物的根系统。未被消化的植物和动物材料变成腐殖质的一部分。

25.13　为什么氮是有机化合物中的关键化学元素?

氮是组成氨基酸、嘌呤、嘧啶和某些辅酶等关键细胞成分的元素。氮达到细胞干重的大约 9%～15%。没有氮不能形成生命中的有机化合物。

25.14　在氮循环中，植物和动物的氮来源是什么?

在**氮循环**中，许多生物的氮来源于有机氮源如氨基酸或嘌呤，而其他生物的氮来自无机化合物，如氮气（N_2）、氨（NH_3）或硝酸盐（NO_3^-）。但是在硝酸盐或氮气能被利用前，化合物中的氮必须还原为氨中的氮。然后通过一个酶催化途径将氨同化，在其中形成了谷氨酸和谷氨酰胺。这些氨基酸然后用来形成细胞中的其他氮化合物。

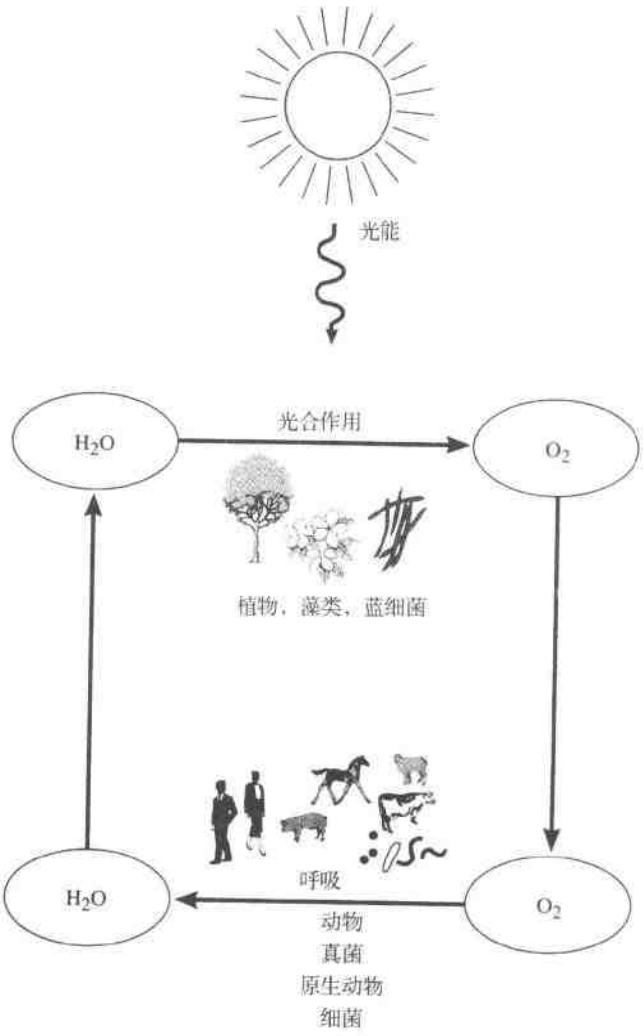


图 25-2　地球生态系统中发生的氧循环，显示微生物在两个主要阶段的重要性。

25.15　地球上主要的氮存储站是什么？

地球上主要的氮存储站是大气，它含有 80%的氮气。在海洋环境中，硝酸盐给各种生命形态提供接近 60%的氮。氮的各种形式的相互转化是生态系统中氮循环的主要方面。

25.16　在地球上氮通过什么途径固定？

在**固氮** (nitrogen fixation)过程中，来自大气的氮气被用来通过化学还原形成氨。固氮是由一些自生的细菌以及与豆科植物(种子结在豆荚中的植物，如豌豆、豆、苜蓿、三叶草和大豆)共生的细菌进行的。这些固氮细菌利用固氮酶将氮还原为氨，然后将氨用于产生氨基酸。

25.17　哪些细菌参与共生系统的固氮过程？

固氮是根瘤菌属某些种进行的，它以互惠(共生)的关系存在于豆科植物根中。这种革兰氏阴性细菌穿过根毛，刺激根毛卷曲，细菌结合到根毛上形成感染线，感染线沿根毛生长，很快形成根瘤。在这里细菌生活并固定大气中的氮，同时从植物中摄取营养。

25.18　哪些自生细菌能固氮？

有许多属的细菌能脱离豆类生活，固定土壤中的氮。重要的自生固氮菌包括固氮菌属(*Azotobacter*)、固氮螺菌属(*Azospirillum*)、芽孢杆菌属、拜叶林克氏菌属(*Beijereinckia*)和

蓝细菌属的许多种。

25.19　氨化作用过程需要什么?

一旦氮被整合为氨,就以谷氨酸和谷氨酰胺为中间产物,将氨以各种有机物质被利用。之后,当植物、动物和微生物死亡时,各种化合物中的氮被释放并用于形成氨,氮就被循环。这是**氨化作用**(ammonification)的过程。例如,蛋白质和核酸首先分解为氨基酸和嘌呤,然后分解为酸、气和氨。氨释放到环境中,再次成为动物、植物和其他生物的氮源。由动物排泄物如尿素(尿的主要成分)也能发生氨化作用。尿素被尿素降解细菌分解,通过这个氨化作用过程产生氨。

25.20　硝化作用发生哪些化学过程?

氨转化为硝酸盐(NO_3^-)是**硝化作用**(nitrification)。涉及硝化细菌,如亚硝化单胞菌属和硝化球菌属(*Nitrosococcus*)的某些种。亚硝化单胞菌将氨转化为亚硝酸盐(NO_2^-),然后硝化球菌将亚硝酸盐转化为硝酸盐(NO_3^-)。硝化作用发生在这些细菌存在的土壤、水和海洋环境中。产生的硝酸盐作为植物的重要氮源。图 25-3 阐述了氮循环。

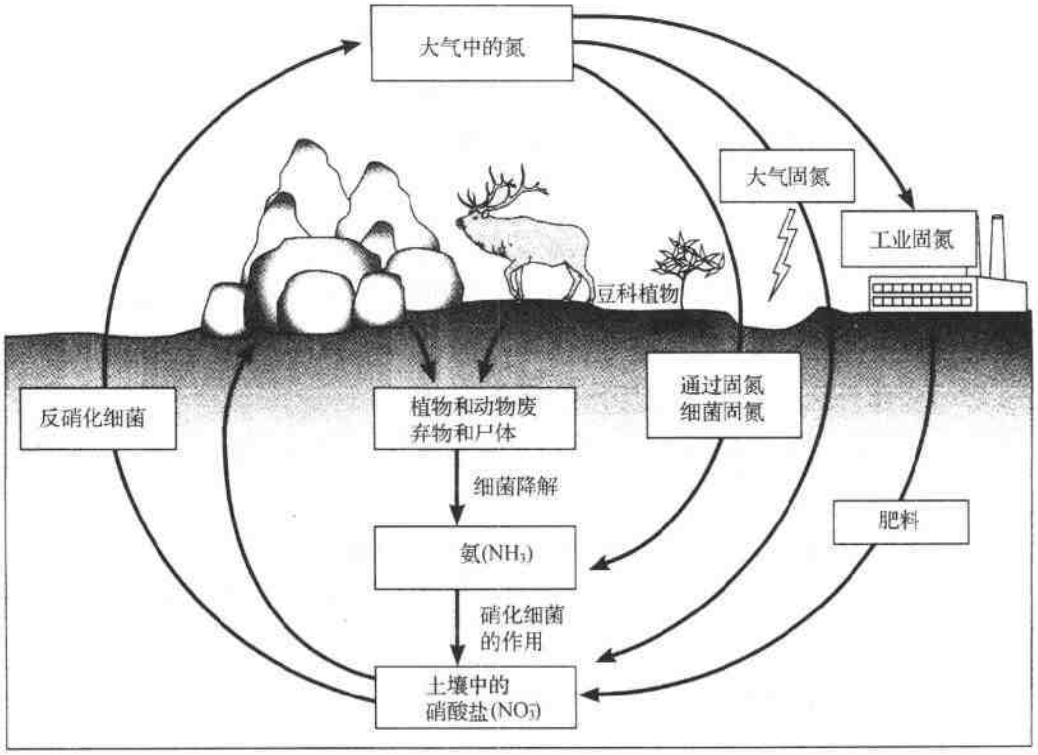


图 25-3　氮循环和它的各个方面。细菌利用它们的代谢活性来影响该循环的许多部分。

25.21　反硝化作用的优点是什么,这个过程中发生什么反应?

反硝化作用(denitrification)是硝酸盐中的氮转化为氮气的过程。该过程给细菌提供用于固氮过程的氮。反硝化作用由许多将亚硝酸盐(NO_2^-)还原为氧化亚氮(N_2O),然后还原为大气中的氮(N_2)的细菌完成。

25.22　解释硫在活细胞代谢中的重要性。

硫只占细胞干重的一小部分(大约 1%),但它是形成某些氨基酸,如甲硫氨酸和谷胱甘肽的重要成分,并且用于形成许多酶。

25.23 细菌如何体现其在硫循环中的重要性?

许多细菌在土壤中的**硫循环**中有重要作用。硫酸盐还原菌生长在泥沼和厌氧的水环境中,它们将硫酸盐化合物还原为硫化氢(H_2S)。然后光合硫细菌在厌氧条件下生长,并氧化H_2S,从而以硫元素的形式释放硫。无色的硫细菌种类,包括硫杆菌属(*Thiobacillus*)、贝日阿托氏菌属和发硫菌属(*Thiothrix*)的成员,也以硫化氢为生,但它们将硫化氢转化为硫酸盐,然后供植物使用。

25.24 磷在细胞代谢中的重要性是什么?

生物在合成核酸、磷脂和磷酸化蛋白质的过程中利用有机和无机磷源。在农作物降解,垃圾、落叶和其他物质腐烂的过程中,磷以磷酸盐形式进入土壤和水。

25.25 微生物如何介入土壤中的磷循环?

在**磷循环** (phosphorus cycle)中,微生物利用磷酸钙、磷酸镁和磷酸铁形式的磷。它们释放出这些化合物中的磷,并将磷同化为磷酸离子(PO_4^{3-})。磷酸离子掺入 DNA、RNA 和其他利用磷酸盐的有机化合物,包括磷脂。当这些微生物被更大的生物当作食物时,磷被集中到食物链中。

废水微生物学

25.26 废水在环境微生物学中的重要性是什么?

天然水路能在一定限度内消耗和分解废物。但是,人类的活动产生了大量废水,需要在排入水路之前进行处理。这些废水中经常含有过量的氮、磷和金属化合物,以及有机污染物,它们能给水路造成过度负担。废水还含有无法生物降解的化学废料和能引起传染病的病原微生物。因此废水处理设施是环境微生物学中重要的方面。

25.27 应用什么原理来衡量废水的污染程度?

通过测量生**化需氧量**(biochemical oxygen demand,BOD)可以确定废水污染的程度。BOD 是微生物在废水中生活所需要的氧气量。BOD 的确定是通过在 5~20℃,大约 5 天内,测量密封的瓶子中的水样温育前和温育后的氧气浓度。溶解氧的差异就是 BOD。BOD 越高表明废水中的有机物质量越高。高 BOD 值见于农业社区、食品加工厂和某些工业产生的废水中。

25.28 废水处理中的初级步骤是什么?

废水的第一次或**初级处理** (primary treatment)是在沉淀池中去除颗粒物质。将沉淀下来的固体排出,收集淤泥燃烧或者埋在填埋场中。替代的作法是,在厌氧淤泥消化池中进行处理。

25.29 解释废水和污水二级处理的步骤。

在废水和污水的**二级处理** (secondary treatment)中,液体和淤泥的 BOD 降低。在厌氧淤泥消化池中,微生物将蛋白质、脂类和纤维素等有机物质分解为能被其他生物代谢的更小的物质。得到有机酸、乙醇和简单化合物。甲烷是淤泥池中产生的一种常见气体,它可以作为燃料燃烧来运作废水处理设施。残余的淤泥被燃烧或埋在填埋场中,液体被再生和纯化。

25.30 在第二阶段淤泥的有氧处理中发生什么情况?

在有氧的二级污水处理中,废液被暴露在空气中,然后经过**滴滤池** (trickling filter)(图 25-4)。

在这个过程中，废液被喷洒在碎石、树皮或其他过滤材料床上。细菌、真菌和原生动物菌落在这个床上生长，作为滤器将流经的有机物质除去。这些微生物代谢有机化合物，将它们转化为二氧化碳、硫酸盐、磷酸盐、硝酸盐和其他离子。通过滤床的物质被除去了 99% 的微生物。

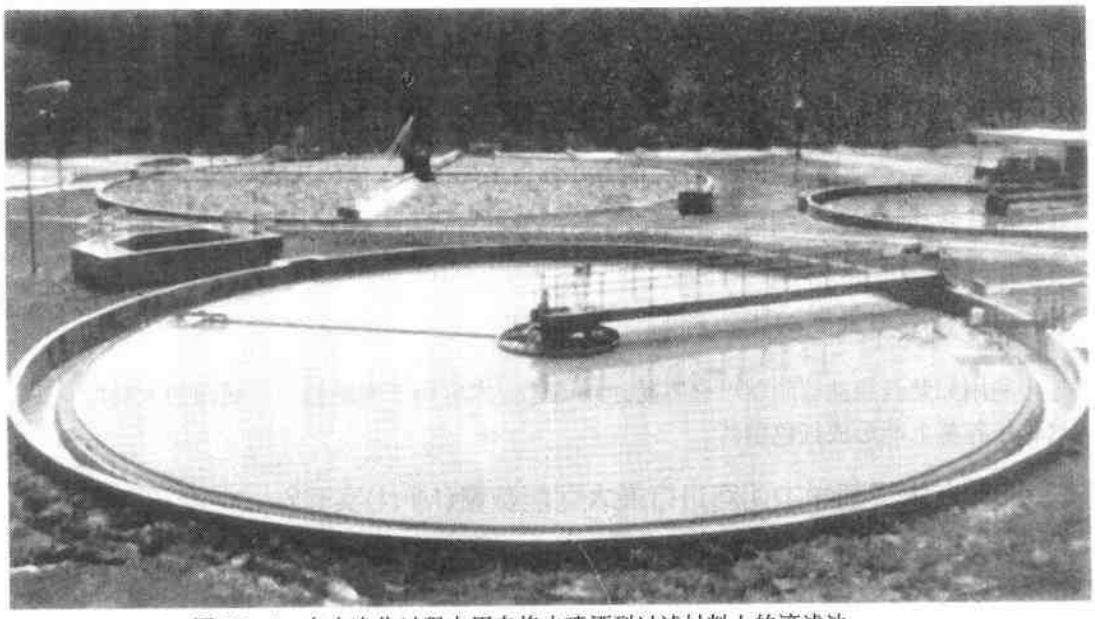


图 25-4　在水净化过程中用来将水喷洒到过滤材料上的滴滤池。

25.31　处理废液还有什么其他方法?

废液经完全彻底地曝气后，也可以在一个活化消化池中进行处理。产黏液细菌形成了絮凝物并吸附其他微生物，从而从水中除去它们。处理几小时能显著降低 BOD，将清液移出进行纯化。污泥在填埋场中处置。

25.32　三级污水处理的目的是什么?

在污水的**三级处理**（tertiary treatment）中，来自二级处理过程的液体被清除磷酸盐和硝酸盐产物，否则它们会造成污染。经常通过使这些离子与钙或铁结合将它们以固体沉淀，在硝化过程中将氨氧化为硝酸盐从而释放。吸附到活性炭上能除去许多有机化合物如多氯联苯（PCB），不然这种物质会成为污染物。

25.33　当水是要用来饮用时，水净化中采用什么步骤?

基本上，**饮用水**（drinking water）采用与废水处理相同的步骤。首先，使固体物质沉淀，然后将水通过慢速或快速沙滤池过滤，这些步骤能除去 99% 的微生物。许多社区然后向水中加入氯来维持较低的微生物数，保证水适合饮用。氯气或次氯酸盐（NaOCl）用于该目的。

25.34　居民污水处理系统中如何应用环境微生物学?

居民污水处理系统是一个微观的废物处理设施。在**化粪池**（septic tank）中，居民污水被厌氧菌消化，固体沉积到池底。固体废物被带出排水装置进入地下的由瓷砖构成的化粪区。水通过瓷砖上的孔渗出，并进入土壤，细菌在此完成降解过程。**污水坑**（cesspool）中发生的是类似的过程，但污水进入池底的地面，液体通过池壁流入地面。

25.35　有什么方法可以检测水和水环境的细菌污染?

一般来说，不可能检测所有的病原菌，但利用几种成熟的实验可以检测到指示菌。一种是

常规平板计数，用于食品和牛奶样品（第 24 章）。根据具体情况的需要还有其他实验可供使用。

25.36 水细菌学中使用哪些指示微生物？

在水细菌学中最常见的指示菌是**大肠菌**。它们是一群正常情况下存在于肠中的革兰氏阴性的肠杆菌，以大肠埃希氏菌为代表。如果存在指示菌，水就可能已被人粪便污染。

25.37 如何利用膜过滤技术来检测水中的细菌？

膜过滤技术 使用过滤装置和一种叫做膜滤器的纤维素滤器。100ml 水样品流过滤器，然后将滤片转移到能支持细菌生长的培养基上。滤器截留下来的细菌在培养基上生长并形成菌落。通过数菌落，可以对原来 100ml 样品中的细菌数作出估计。

25.38 滤膜技术可以用来检测大肠菌吗？

利用如**紫红胆盐琼脂**就可以容易地将滤膜技术应用于**大肠菌**。**大肠菌**如大肠埃希氏菌在这种培养基上能形成红色菌落。

25.39 在水细菌学中如何进行最大可能数量(MPN)实验？

在**最大可能数量实验**（MPN，most probable number test，亦称最可能数）中，将乳糖液体培养基试管分别接种 10ml、1ml 和 0.1ml 水样。在保温过程中，**大肠菌**将产生气体。根据来自哪份水样的哪个试管放出气体，对照 MPN 表，确定大肠菌数量的统计学范围。MPN 实验非常容易操作和解释，但它不能确定细菌的准确数目，也检测不到大肠菌之外的细菌。

25.40 利用什么实验确定水中是否存在大肠埃希氏菌？

为了检测水中是否存在大肠埃希氏菌，使用一种**伊红美蓝琼脂培养基**（EMB）。大肠杆菌菌落在该培养基上生长并变成带有金属光泽的绿色。因此，如果水中有大肠杆菌，会形成这种特征性的菌落，可以认为水被污染了。

25.41 有没有应用生物技术检测水中细菌的方法？

最复杂的水细菌学检测是那些采用**基因探针**（gene probe）的检测方法。基因探针是能钓出其互补 DNA 片段并与之结合的 DNA 片段。例如，如果要进行大肠杆菌检测，应处理水样使存在的细菌破裂，释放出核酸。然后向水中加入特异的大肠杆菌探针。就像左手寻找右手，探针会搜索水中所有的核酸，如果大肠杆菌 DNA 存在就与它结合。放射性信号表明发生了配对，检测到了大肠杆菌。如果不发射放射性，基因探针查找不到与它配对的 DNA，水中可能没有大肠杆菌。

复 习 题

填空题 在下面各句中用适当的词或词组填空。

1. 一个在界定物理空间内发现的像生物生物群落是一个_____。
2. 淡水湖中的产氧绿藻通过_____过程产生碳水化合物。
3. 铁化合物如氧化铁可能被_____属的细菌沉积在下水道、水管和井中。
4. 土壤环境中发现的多数真菌以_____存在。
5. 微生物通过腐蚀和利用主要来自_____细胞的有机物影响地球上的碳循环。
6. 氮是一种关键的细胞成分，因为它存在于嘌呤、嘧啶、某些辅酶以及蛋白质的构成元件_____等化合物中。

7. 豆科植物的根居住着属于_____属的固氮细菌。
8. 沉积在土壤中的氮的主要来源是尿的主要成分即_____。
9. 硝酸盐中的氮转化为气体氮的过程的正确名称是_____。
10. 硫元素必须不断地在自然界中循环，因为它是某些氨基酸如谷胱甘肽和_____的重要成分。
11. 硫酸盐还原菌生长在水环境中的厌氧泥浆中，将硫酸盐化合物还原成_____。
12. 用于构成核苷酸和磷脂的磷在作物降解的过程中以_____进入土壤。
13. 通过测量_____可以确定废水的污染程度。
14. 在废水的初级处理阶段，颗粒物质被虹吸到_____。
15. 在污水二级处理中产生的一种气体可以作为燃料燃烧，叫做_____。
16. 在污水的三级处理中，除去来自二级处理的液体中可能导致_____的磷酸盐和硝酸盐产物。
17. 当水通过_____时，可以除去至少 99%的微生物。
18. 在水细菌学中，常见的指示菌是大肠埃希氏菌，它属于叫做_____的一个群体。
19. 被_____截留下的水样中的细菌，可以用于做细菌培养。
20. 用不同量的水样接种乳糖液体培养基试管，在实验室检测的实验称为_____实验。

是非题　判断下列句子，正确则在句前写“T”，错误则在句前写“F”。

__ 1. 生物群是用于一个生态系统中所发现的生物总数的名称。
__ 2. 在水域生态系统中光合微生物负责产生新的生物量。
__ 3. 动物和植物是土壤生态系统中最大的有机物质供应者。
__ 4. 多数土壤含有丰富并且各不相同的微生物群落，包括原生动物、蓝细菌、藻类、细菌和真菌。
__ 5. 光合绿色植物和光合微生物负责将硫返回大气供其他生物使用。
__ 6. 没有土壤细菌和真菌的循环作用，生命所必需的营养会固定在复杂分子中。
__ 7. 细胞干重的至少 50%是氮，它是氨基酸的必需成分。
__ 8. 固氮可以由与豆科绿色植物共生的细菌独自完成。
__ 9. 居住在豆科植物的根中的细菌都是耐酸的。
__ 10. 在氨化过程中，蛋白质和核酸首先分解为各自的组成部分。
__ 11. 在反硝化过程中，气体氮转化为硝酸盐，后者供给细菌。
__ 12. 缬氨酸、丙氨酸和组氨酸等氨基酸含有硫作为其分子组成的必要部分。
__ 13. 磷在细胞代谢中非常重要，因为它用于合成核苷酸和磷脂。
__ 14. 通过测量水样在温育前和温育后的氮浓度可以确定 BOD。
__ 15. 为了维持低微生物数，许多社区向水中加入氯气。
__ 16. 在居民化粪池中，污泥进入池底的地面，液体经池壁流出。
__ 17. 作为污染指示物的大肠菌是一种革兰氏阴性的肠杆菌，包括大肠埃希氏菌。
__ 18. 在滤膜技术中，细菌在液体培养基中生长，培养基的密度作为有多少细菌的指示。
__ 19. 培养基如伊红美蓝琼脂可以用来培养水中的大肠埃希氏菌，形成具有金属光泽的绿色菌落。
__ 20. 基因探针可以用在水细菌学中，因为如果水中存在某种生物，它们能检测到该生物的 DNA。

选择题　选出一个最合适的答案。

1. 研究不同微生物群落及其环境之间的关系的是(　　)。　(a)微生物进化　(b)微生物生理学　(c)微生物生态学　(d)微生物生物化学

2. 蓝细菌和绿藻进行光合作用的关键因素是(　　)。 (a)硝酸盐离子 (b)阳光 (c)维生素 A、C 和 E (d)其他微生物如真菌
3. 在水域生态系统的底部,这里没有氧气,光合是以(　　)为底物进行的。 (a)磷和氨化合物 (b)还原硫和有机化合物 (c)二氧化碳和氧作为底物 (d)矿物质比如硝酸盐和亚硝酸盐
4. 被称为腐殖质的土壤物质主要包含(　　)。 (a)磷酸盐和硝酸盐 (b)无机物质如氧化铁 (c)发酵的酸和碱 (d)耐腐败的有机物质
5. 在土壤环境中,多数细菌见于(　　)。 (a)土壤的最深部分 (b)在最表面的几毫米 (c)仅在有大量沙的地方 (d)在上面的 25 厘米处
6. 预计在(　　)的土壤中能发现真菌。 (a)富含氮化合物 (b)酸性 (c)中性 (d)还有细菌和原生动物
7. 再生性资源是(　　)的资源。 (a)能够循环利用 (b)用于提高生物量 (c)参与生命的硫循环 (d)在天然河道中运输
8. 光合绿色植物和光合微生物如蓝细菌负责向大气中返回大量的(　　)。 (a)氮 (b)氧 (c)钾 (d)锌
9. 以下都是地球上的氮循环的必要成分,除了(　　)之外。 (a)磷酸钙 (b)氨 (c)硝酸盐离子 (d)氨基酸
10. 固氮菌可能定居在(　　)。 (a)豆科植物的根中 (b)空间的外缘 (c)在人的肠中 (d)与多数牛肉和鱼产品有关
11. 发生在土壤中的氨化过程的主要产物是(　　)。 (a)尿素 (b)氨基酸 (c)蛋白质 (d)氨
12. 硫杆菌属和贝日阿托氏菌属的菌种在(　　)发挥重要作用。 (a)地球上的水循环 (b)磷循环 (c)土壤中的硫循环 (d)污水降解中
13. BOD 有助于确定(　　)。 (a)废水的污染程度 (b)土壤的过滤能力 (c)100ml 水样中的细菌数 (d)生态系统中的生物群类型
14. 废水处理的第一个步骤是(　　)。 (a)加氯 (b)加硫化氢 (c)除去颗粒物质 (d)向水中加入磷
15. 废水和污泥二级处理的一个目的是(　　)。 (a)提高氯含量 (b)减少 BOD (c)促进形成多氯联苯 PCB (d)抑制氨化作用
16. 在废水和污水二级处理过程中累积的污泥可以(　　)。 (a)放在填埋场 (b)用作作物肥料 (c)放在当地溪流或河中 (d)作为固氮菌的来源
17. 氯气用于维持(　　)。 (a)水中较低的微生物数 (b)在初级污水处理中形成颗粒物质 (c)在土壤中形成腐殖质 (d)净化慢速滤器
18. 在废水分析中,大肠埃希氏菌作为(　　)。 (a)水中粪便污染的指示 (b)进行平板计数的常规生物 (c)水中固氮菌数量指示 (d)水中氨基酸含量的尺度
19. 膜滤器可以用于检测水中的细菌,因为(　　)。 (a)它杀死不需要的细菌 (b)它为细菌发育提供氮 (c)在它上面进行细菌过滤 (d)可以用它除去水中的氯
20. 在水生物学方法中,基因探针可用于查找(　　)。 (a)水中的多氯联苯 PCB (b)水中的硝酸盐离子 (c)水中的腐败树木 (d)水中微生物的 DNA 片段

(洪　龙译)

习 题 解 答

第一章

选择题

1.(b) 2.(c) 3.(c) 4.(a) 5.(a) 6.(d) 7.(d) 8.(b) 9.(a)
10.(b) 11.(d) 12.(b) 13.(c) 14.(c) 15.(c) 16.(d) 17.(b) 18.(a)
19.(d) 20.(c)

匹配题

1.(c) 2.(d) 3.(e) 4.(c) 5.(b) 6.(a) 7.(b) 8.(e) 9.(c) 10.(a)

是非题

1. 硅藻属	2. T	3. 有传染性的	4. 真菌	5. T
6. 自然发生说	7. 酒	8. 路易·巴斯德	9. T	10. 1940s
11. 细菌	12. 细胞质	13. 真核生物	14. 蛋白质	15. T
16. 真菌	17. T	18. 酸性的	19. T	20. 植物
21. 肝炎	22. 列文虎克	23. T	24. T	25. 第二次世界大战
26. 免疫法	27. 林奈	28. 下面划线	29. 五	30. 螺旋形

第二章

填空题

1. 元素	2. 氮	3. 有机化合物	4. 分子	5. 原子质量
6. 氢键	7. 水	8. 光合作用	9. 葡萄糖	10. 乳糖
11. 纤维素	12. 脂类	13. 脱水合成作用	14. 氨基酸	15. 肽键
16. 酶	17. 脱氧核糖核酸	18. 核糖	19. 尿嘧啶	20. 半保留复制

是非题

1.F 2.T 3.F 4.F 5.F 6.T 7.F 8.T 9.T 10.F
11.T 12.T 13.F 14.F 15.F 16.T 17.F 18.T 19.T 20.T

选择题

1.(c) 2.(c) 3.(d) 4.(c) 5.(d) 6.(c) 7.(a) 8.(c) 9.(c)
10.(b) 11.(b) 12.(c) 13.(b) 14.(a) 15.(c) 16.(c) 17.(a) 18.(d)
19.(c) 20.(d)

第三章

填空题

1. 光学显微镜	2. 纳米	3. 支原体,类菌体	4. 一百万	5. 结肠肠袋虫
6. 双透镜	7. 分辨率	8. 折射率	9. 透镜	10. 光阑
11. 螺旋体	12. 酵母菌	13. 紫外线	14. 波长	15. 扫描电镜
16. 透明的	17. 抗酸染色法	18. 碱性染料	19. 细胞壁	20. 分枝杆菌

显微镜匹配题

1.(e) 2.(d) 3.(e) 4.(d) 5.(c) 6.(b) 7.(a) 8.(d) 9.(a) 10.(b)

选择题

1.(c) 2.(c) 3.(b) 4.(d) 5.(b) 6.(a) 7.(c) 8.(c) 9.(c)
10.(c) 11.(a) 12.(b) 13.(d) 14.(c) 15.(c) 16.(c) 17.(b) 18.(c)
19.(a) 20.(b)

染色方法匹配题

1.(d) 2.(a) 3.(a) 4.(b) 5.(a) 6.(d) 7.(c) 8.(b) 9.(a) 10.(b)

第四章

选择题

1.(b) 2.(c) 3.(c) 4.(c) 5.(a) 6.(d) 7.(b) 8.(d) 9.(b)
10.(d) 11.(b) 12.(c) 13.(b) 14.(c) 15.(c) 16.(a) 17.(b) 18.(c)
19.(d) 20.(a)

是非题

1.F 2.T 3.F 4.T 5.T 6.T 7.F 8.F 9.T 10.F
11.T 12.T 13.F 14.F 15.T 16.F 17.T 18.F 19.T 20.T

填空题

1. 流动镶嵌模型 2. 水 3. 芽孢 4. 几丁质,壳多糖 5. 葡萄球菌属
6. 糖萼,多糖包被 7. 磷脂 8. 酶 9. 细胞质,细胞浆 10. 破伤风
11. 纤毛 12. 内质网 13. rRNA 14. 吞噬作用 15. 原生动物
16. 丛鞭毛的,具偏端丛毛的 17. 纤毛,伞毛 18. 病毒
19. 杆菌 20. 细胞壁

第五章

选择题

1.(c) 2.(a) 3.(d) 4.(b) 5.(b) 6.(c) 7.(a) 8.(d) 9.(b)
10.(c) 11.(b) 12.(a) 13.(d) 14.(b) 15.(a) 16.(d) 17.(b) 18.(c)
19.(c) 20.(c)

是非题

1. 对数 2.T 3. 世代 4.T 5. 孢囊
6. 盐 7. 原生动物 8.T 9.T 10. 合成
11. 血细胞 12.T 13. 有丝分裂 14. 酵母菌 15.T
16.T 17. 液体 18.T 19. 酸性的 20.T

匹配题

1.(a) 2.(d) 3.(e) 4.(d) 5.(c) 6.(a) 7.(b) 8.(e) 9.(g) 10.(f)

选择

1.(d) 2.(b) 3.(b) 4.(a) 5.(b) 6.(c) 7.(d) 8.(b) 9.(a) 10.(a)

第六章

选择题

1.(c) 2.(a) 3.(b) 4.(a) 5.(d) 6.(c) 7.(d) 8.(a) 9.(a)
10.(c) 11.(d) 12.(a) 13.(c) 14.(c) 15.(c) 16.(c) 17.(b) 18.(d)
19.(b) 20.(d) 21.(b) 22.(a) 23.(c) 24.(a) 25.(b)

填空题

1. 分解代谢	2. 蛋白质	3. -酶(-ase)	4. ATP,腺苷三磷酸	5. 氧化反应
6. 葡萄糖	7. EMP 途径	8. 酵母菌	9. 乙酰辅酶 A	10. NAD,辅酶 I
11. 氧	12. 细胞色素	13. 化学渗透	14. 38	15. 无氧的
16. 半乳糖	17. 氨基酸	18. β-氧化	19. 草酰乙酸	20. 光能
21. ATP	22. 氧	23. 二氧化碳	24. 葡萄糖	25. 淀粉

匹配题

1.(d) 2.(a) 3.(d) 4.(c) 5.(b) 6.(d) 7.(a) 8.(b) 9.(d) 10.(a)

第七章

是非题

1. 尿嘧啶	2. T	3. 胸腺嘧啶	4. T	5. 氨基酸
6. 转录	7. 半保留复制	8. 信使	9. 拟核,类核	10. T
11. 内含子	12. 核糖体	13. 转运	14. T	15. CUG
16. 肽	17. 内质网	18. T	19. T	20. 操纵子

选择题

1.(c) 2.(b) 3.(c) 4.(b) 5.(d) 6.(c) 7.(a) 8.(b) 9.(b)
10.(d) 11.(c) 12.(c) 13.(d) 14.(a) 15.(b)

填空题

1. DNA	2. 核糖	3. 基因	4. DNA 聚合酶	5. 氨基酸
6. 三	7. 转录	8. 细胞核	9. mRNA	10. 氨基酸
11. 20	12. 结合位点	13. 二级的,次级的	14. 含氮碱基	15. 大肠杆菌

第八章

填空题

1. 点突变	2. 诱发突变	3. 可见光	4. 重组
5. 转化	6.(处于)感受态的	7. 质粒	8. 肺炎链球菌
9. F^+	10. 重组的	11. 跳跃基因	12. 病毒
13. 局限性转导	14. 沙门氏菌	15. 限制性酶	16. DNA 连接酶
17.(异源)嵌合质粒	18. 胰岛素	19. 干扰素	20. 生物工程,生物技术

选择题

1.(c) 2.(a) 3.(c) 4.(d) 5.(c) 6.(c) 7.(a) 8.(d) 9.(c)
10.(c) 11.(c) 12.(b) 13.(a) 14.(d) 15.(c) 16.(b) 17.(b) 18.(d)
19.(b) 20.(d)

是非题

1. F 2. T 3. F 4. F 5. T 6. F 7. T 8. F 9. F 10. F
11. T 12. F 13. T 14. F 15. T 16. T 17. F 18. T 19. F 20. F

第九章

选择题

1. (c) 2. (d) 3. (a) 4. (b) 5. (c) 6. (c) 7. (b) 8. (b) 9. (a)
10. (d) 11. (a) 12. (d) 13. (d) 14. (b) 15. (c) 16. (d) 17. (c) 18. (c)
19. (a) 20. (c)

填空题

1. 有机物	2. 卫生消毒剂	3. 90 分钟*	4. 芽孢
5. 氧化	6. 高压灭菌锅(器)	7. 间歇灭菌法	8. 牛奶
9. 渗透(作用)	10. 甲醛	11. 70%	12. 银
13. 真菌	14. 过氧化氢	15. 广谱抗生素	16. 细胞壁
17. 链霉菌属	18. 卡氏肺囊虫	19. 无环鸟苷	20. 叶酸

是非题

1. T 2. F 3. F 4. T 5. F 6. T 7. F 8. T 9. F 10. T
11. T 12. T 13. F 14. F 15. T 16. F 17. F 18. T 19. F 20. T

第十章

选择题

1. (c) 2. (b) 3. (a) 4. (d) 5. (b) 6. (c) 7. (b) 8. (d) 9. (c)
10. (a) 11. (c) 12. (c) 13. (c) 14. (d) 15. (b) 16. (a) 17. (c) 18. (c)
19. (b) 20. (d)

是非题

1. 结核(病)	2. 多型的	3. 光合作用	4. 奈瑟氏球菌属
5. T	6. T	7. 鼠疫耶尔森氏菌	8. T
9. 百日咳	10. 韦荣氏球菌属	11. 肠的	12. T
13. 轴丝	14. 动物	15. T	16. 腔隙莫拉氏菌
17. T	18. 肽聚糖	19. 放线菌类	20. T

匹配题

1. (l) 2. (n) 3. (h) 4. (i)* 5. (r) 6. (m) 7. (c) 8. (k)
9. (p) 10. (e) 11. (t) 12. (a) 13. (o) 14. (s) 15. (g) 16. (b)
17. (d)* 18. (q) 19. (f) 20. (j)*

第十一章

选择题

1. (d) 2. (b) 3. (c) 4. (c) 5. (d) 6. (b) 7. (b) 8. (d) 9. (c)
10. (a) 11. (b) 12. (c) 13. (d) 14. (b) 15. (c) 16. (d) 17. (c) 18. (c)

复习题答案个别有误，译者已改正，以"*"表示。 译者注

19.(b) 20.(a) 21.(d) 22.(c) 23.(b) 24.(a) 25.(c)

填空题

1. 霉菌	2. 酸	3. 氧	4. 繁殖	5. 孢囊孢子
6. 异养的	7. 葡聚糖	8. 气生菌丝	9. 卵圆形的	10. 乙醇
11. "⊥"或"—"	12. 真菌门	13. 卵菌纲	14. 根霉属	15. 鹅膏属

匹配题

1.(d) 2.(e) 3.(f) 4.(c) 5.(a) 6.(d) 7.(f) 8.(e) 9.(f)
10.(d) 11.(c) 12.(b) 13.(c) 14.(f) 15.(e)

第十二章

是非题

1. 液体	2. 孢囊	3. T	4. 滋养体,营养体	5. 伪足
6. 叶绿素	7. 肠的	8. T	9. 艾滋病,AIDS	10. 真核生物的
11. 运动类型	12. T	13. 顶复纲	14. T	15. 性传播的
16. 草履虫属	17. 孢子虫纲	18. T	19. 真菌	20. 蚊子

匹配题

1.(c) 2.(e) 3.(d) 4.(i) 5.(b) 6.(g) 7.(a) 8.(c) 9.(e)
10.(f) 11.(j) 12.(a) 13.(b) 14.(d) 15.(f) 16.(j) 17.(a) 18.(c)
19.(b) 20.(d)

选择题

1.(d) 2.(b) 3.(a) 4.(a) 5.(d) 6.(b) 7.(d) 8.(c) 9.(b)
10.(b) 11.(d) 12.(c) 13.(c) 14.(b) 15.(a) 16.(d) 17.(d) 18.(d)
19.(c) 20.(b)

第十三章

选择题

1.(d)* 2.(b) 3.(a) 4.(a) 5.(d) 6.(c) 7.(b) 8.(d) 9.(a)
10.(b) 11.(c) 12.(c) 13.(d) 14.(c) 15.(a)

是非题

1.F 2.F 3.T 4.T 5.T 6.F 7.T 8.F 9.F
10.T 11.F 12.F 13.T 14.F 15.T

填空题

1. 氧	2. 细菌	3. 多细胞的	4. 无性的	5. 二根
6. 光	7. 硅藻	8. 纤维素	9. 赤	10. 有性的

第十四章

是非题

1. 蛋白质	2. T	3. 狂犬病	4. T	5. 受体
6. T	7. 较大的	8. 衣壳粒	9. 包膜	10. 甲醛

11. T	12. 溶原的	13. T	14. 肝	15. T
16. 内氏小体	17. 细胞壁	18. 干扰素	19. 抗体	20. T

选择题

1.(b) 2.(d) 3.(c) 4.(d) 5.(d) 6.(b) 7.(c) 8.(b) 9.(d)
10.(b) 11.(a) 12.(c) 13.(c) 14.(b) 15.(b) 16.(c) 17.(a) 18.(c)
19.(c) 20.(a)

填空题

1. 活细胞	2. DNA	3. 细菌	4. 衣壳粒	5. 包膜
6. 细菌	7. 球	8. 甲醛*	9. 洗涤剂	10. 痘(病)病毒
11. 抗体	12. 溶酶体	13. 基因组	14. 核糖体	15. 反转录酶
16. 溶菌酶	17. 毁灭*	18. 生长	19. 肿瘤	20. 叠氮胸苷

第十五章

选择题

1.(b) 2.(c) 3.(c) 4.(a) 5.(d) 6.(c) 7.(b) 8.(c) 9.(a)
10.(c) 11.(d) 12.(d) 13.(d) 14.(c) 15.(c) 16.(a) 17.(b) 18.(c)
19.(a) 20.(c)

填空题

1. 传染,感染	2. 葡萄球菌属	3. 感染剂量	4. 呼吸道
5. 慢性传染病	6. 无症状的	7. 肺炎球菌性肺炎	8. 蚊子
9. 高	10. 污染	11. 血(液)	12. 疾病
13. 胶原酶	14. 中毒	15. 美国疾病防治中心	16. 储菌者
17. 接触传染病	18. 红细胞	19. 乳杆菌属	20. 条件(致病菌)
21. 乙型肝炎	22. 毒血症	23. 肉毒中毒	24. 全身性的
25. 革兰氏阴性	26. 症状	27. 地方性	28. 食物
29. 传染物	30. 外毒素		

是非题

1. F 2. F 3. T 4. T 5. T 6. F 7. T 8. F 9. F 10. T
11. F 12. T 13. T 14. T 15. T 16. F 17. F 18. T 19. F 20. T

第十六章

是非题

1. 机械的	2. 溶菌酶	3. 蛋白质	4. T	5. 辅助性
6. 浆细胞	7. 人工获得自动免疫	8. T	9. T	10. T
11. 淋巴结	12. 中性粒细胞	13. 人工被动	14. T	15. 半抗原
16. B-淋巴细胞	17. 抗体	18. IgM	19. 穿孔蛋白	20. B细胞
21. T	22. 天	23. 六个月	24. T细胞	25. IgD
26. 浆细胞	27. 胸(腺)	28. T	29. 病原体	30. T

选择题

1.(c) 2.(d) 3.(b) 4.(a) 5.(b) 6.(d) 7.(c) 8.(b) 9.(b)

10.(a) 11.(b) 12.(d) 13.(b) 14.(b) 15.(a) 16.(b) 17.(c) 18.(c)
19.(c) 20.(c)

填空题

1. T 细胞　2. 单核吞噬细胞系统　3. 天然获得被动免疫　4. MHC 分子
5. 蛋白质　6. 可变区　7. IgA　8. 膜
9. 病毒　10. 补体系统　11. 记忆细胞

第十七章

选择题

1.(a) 2.(c) 3.(b) 4.(c) 5.(a) 6.(c) 7.(d) 8.(d) 9.(c)
10.(b) 11.(c) 12.(a) 13.(b) 14.(c) 15.(a) 16.(d) 17.(b) 18.(d)
19.(d) 20.(c)

匹配题

1.(c) 2.(d) 3.(b) 4.(a) 5.(c) 6.(d) 7.(e) 8.(c) 9.(b) 10.(a)

是非题

1.F 2.T 3.F 4.F 5.T 6.F 7.T 8.F 9.T 10.T
11.F 12.T 13.F 14.F 15.F 16.T 17.F 18.T 19.T 20.F

第十八章

填空题

1. 葡萄球菌属　2. α-溶血性　3. 皮肤　4. 无环鸟苷
5. 铜绿假单胞菌　6. 痘病毒　7. 天花　8. Koplik 氏小红斑
9. 风疹　10. A　11. 疱疹病毒　12. 妊娠
13. 灰黄霉素　14. 淋病　15. 眼　16. 麻疹
17. 生殖器疱疹　18. 剥脱性毒素　19. 猩红热　20. 乳头状瘤病毒
21. 14 天　22. MMR 疫苗　23. 癣病　24. 真菌
25. 白假丝酵母　26. 带状疱疹　27. 真菌　28. 结膜
29. 眼　30. 诺卡氏菌属

选择题

1.(d) 2.(d) 3.(b) 4.(c) 5.(b) 6.(c) 7.(d) 8.(d) 9.(c)
10.(a) 11.(b) 12.(a) 13.(d) 14.(d) 15.(b) 16.(a) 17.(a) 18.(d)
19.(a) 20.(d)

是非题

1.T 2.T 3.F 4.T 5.F 6.T 7.F 8.T 9.F 10.F
11.T 12.F 13.F 14.T 15.F 16.T 17.T 18.T 19.T 20.F

第十九章

选择题

1.(b) 2.(d) 3.(c) 4.(d) 5.(b) 6.(d) 7.(a) 8.(c) 9.(d)
10.(c) 11.(d) 12.(b) 13.(a) 14.(d) 15.(d) 16.(b) 17.(c) 18.(c)

19.(a)　20.(d)　21.(d)　22.(d)　23.(a)　24.(b)　25.(c)

匹配题

1.(j)　2.(e)　3.(n)　4.(g)　5.(b)　6.(l)　7.(a)　8.(o)　9.(d)
10.(m)　11.(h)　12.(c)　13.(k)　14.(f)　15.(i)

是非题

1.T　2.T　3.F　4.F　5.T　6.F　7.F　8.T　9.F　10.T
11.F　12.T　13.T　14.F　15.T　16.F　17.F　18.F　19.T　20.T

第二十章

填空题

1. 耐酸　2. 细胞壁　3. 两性霉素 B　4. 血细胞
5. 百日咳　6. 结核(病)　7. 卫斯特曼氏并殖吸虫　8. 原生动物
9. 啮齿类　10. 抗原性转变　11. 疫苗　12. 肺
13. 链球菌属　14. 外毒素　15. Q 热病原体　16. 鸟疫
17. 分枝杆菌属　18. 飞沫　19. 金刚胺　20. 山谷热(球孢菌病)
21. Darling 氏病　22. 肺囊虫　23. 猩红热
24. Mantoux 氏(结核菌素)(试验)　25. 白喉

选择题

1.(c)　2.(a)　3.(c)　4.(d)　5.(b)　6.(d)　7.(b)　8.(c)
9.(b)　10.(b)　11.(d)*　12.(a)*　13.(c)*　14.(a)*　15.(d)*　16.(b)*
17.(d)*　18.(c)*　19.(b)　20.(d)　21(d)*

是非题

1. γ-　2. 瓣(膜)　3. 猩红热　4. T　5. 不产生
6. 卡介苗　7. 白喉　8. 肺炎球菌性　9. T　10. 衣原体
11. 军团杆菌病　12. 流行性感冒　13. 真菌　14. 两性霉素 B　15. AIDS

第二十一章

是非题

1.F　2.T　3.F　4.T　5.T　6.F　7.T　8.T　9.F　10.F
11.T　12.F　13.T　14.T　15.F　16.T　17.T　18.T　19.F　20.F

选择题

1.(d)　2.(b)　3.(a)　4.(c)　5.(d)　6.(a)　7.(a)　8.(b)　9.(c)
10.(b)　11.(c)　12.(b)　13.(a)　14.(d)　15.(b)　16.(c)　17.(b)　18.(a)
19.(c)　20.(c)

填空题

1. 战壕口腔牙龈炎　2. 梭杆菌属　3. 睾丸炎　4. 葡萄球菌食物中毒
5. 血清学类型　6. 大便中　7. 带菌者　8. 水
9. 阴性　10. 有甲壳的水生动物　11. 两端着色　12. 胃溃疡
13. 胃肠炎　14. 心肌炎　15. 减毒病毒　16. 鞭毛

17. 鹅膏属　　18. 孢囊　　19. 绦虫　　20. 线虫

第二十二章

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(c)　4.(c)　5.(d)　6.(d)　7.(a)　8.(d)　9.(b)
10.(c)　11.(a)　12.(d)　13.(d)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(d)　18.(b)
19.(c)　20.(d)　21.(d)　22.(c)　23.(a)　24.(b)　25.(b)　26.(c)　27.(a)
28.(c)　29.(b)　30.(c)

是非题

1. 瓣(膜)	2. 杆菌	3. 两端	4. T	5. 波浪热
6. 螺旋体	7. 平丘合疹性平疹	8. 脾	9. 病毒	10. T
11. T	12. T	13. 五号病	14. 原生动物	15. 脾

匹配题

1.(l)　2.(k)　3.(o)　4.(i)　5.(a)　6.(d)　7.(m)　8.(n)　9.(f)
10.(e)　11.(h)　12.(b)　13.(c)　14.(g)　15.(j)

第二十三章

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(d)　4.(a)　5.(a)　6.(b)　7.(d)　8.(b)　9.(d)
10.(c)　11.(d)　12.(c)　13.(c)　14.(c)　15.(a)　16.(d)　17.(b)　18.(d)
19.(a)　20.(b)　21.(a)　22.(c)　23.(b)　24.(a)　25.(c)

填空题

1. 膀胱炎	2. 韦尔氏病	3. 动物	4. 金黄色葡萄球菌
5. 鞭毛	6. 阴性	7. 尿道	8. 雄性
9. 淋球菌结膜炎	10. 螺旋体	11. 梅毒二期	12. 青霉素
13. 杜氏嗜血菌	14. 淋病	15. 红霉素	16. 衣原体
17. 单核细胞	18. 单纯疱疹	19. 生殖器疣	20. TORCH
21. 白假丝酵母	22. 神经	23. 爪间黏疱疹	24. 乳杆菌
25. 无环鸟苷			

是非题

1. T　2. T　3. F　4. T　5. T　6. F　7. F　8. T　9. T　10. F

第二十四章

是非题

1. 病原体	2. 酸奶酪	3. T	4. 糖类	5. 真菌
6. 乳杆菌属	7. T	8. T	9. 营养细胞	10. 时间
11. 酵母菌	12. 水分	13. 苯甲(酸)	14. 声	15. 葡萄球菌
16. 磷酸酶	17. T	18. 恒化器	19. 蛋白	20. 酵母菌
21. 大麦粒	22. T	23. T	24. 杀虫剂	25. 质粒

选择题

1.(b)　2.(d)　3.(a)　4.(d)　5.(b)　6.(a)　7.(b)　8.(d)　9.(c)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)

10.(c)　11.(b)　12.(d)　13.(c)　14.(b)　15.(c)　16.(b)　17.(d)　18.(b)*
19.(d)　20.(c)

填空题

1. 持续	2. 酸	3. 蓝乳酪	4. 酸菜	5. 鱼
6. 脱水	7. 营养	8. 温度*	9. 烟熏	10. γ
11. 痢疾	12. 汽	13. 啤酒	14. 氨基酸	15. 乳白芽孢病

第二十五章

填空题

1. 生态系统	2. 光合作用	3. 嘉利翁氏菌属	4. 孢子	5. 植物
6. 氨基酸	7. 根瘤菌属	8. 尿素	9. 反硝化作用	10. 甲硫氨酸
11. 硫化氢	12. 磷酸盐	13. 生化需氧量	14. 沉淀池	15. 甲烷
16. 污染	17. 滤池过滤	18. 大肠菌	19. 滤膜	20. 最大可能数量

是非题

1.T　2.T　3.F　4.T　5.F　6.T　7.F　8.F　9.F　10.T
11.F　12.F　13.T　14.F　15.T　16.F　17.T　18.F　19.T　20.T

选择题

1.(c)　2.(b)　3.(b)　4.(d)　5.(d)　6.(b)　7.(a)　8.(b)　9.(a)
10.(a)　11.(d)　12.(c)　13.(a)　14.(c)　15.(b)　16.(a)　17.(a)　18.(a)
19.(c)　20.(d)

(林稚兰 译)